国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

中国战略性新兴产业研究与发展

R&D of China's Strategic New Industries

轴　承

Bearing part

中国轴承工业协会　组编
何加群　主编

机械工业出版社
China Machine Press

何加群，教授级高级工程师，享受国务院特殊津贴专家。1943年2月14日出生于安徽芜湖，1967年毕业于上海交通大学机械工程系。

1967－2004年在西北轴承厂（后改制为西北轴承集团公司、西北轴承股份公司）工作。先后担任技术员、工程师、研究所长、副总工程师、副厂长、副厂长兼总工程师、副总经理兼总工程师及上市公司董事等职。社会兼职：宁夏回族自治区政协委员、西安交通大学硕士生导师。1996年被表彰为省级劳动模范，1999年被表彰为“宁夏十大科技明星”。

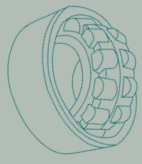
2004年至今，在中国轴承工业协会工作，先后任副秘书长、专务委员，负责全国轴承行业的规划和技术工作。社会兼职：先后担任世界银行中国风电轴承项目首席咨询专家、国家开发银行专家委员会专家、国家科学技术奖评委和国家科学技术奖评审专家。被表彰为全国机械工业系统先进协会工作者。

中国战略性新兴产业研究与发展

R&D of China's Strategic New Industries

轴　承

Bearing part



中国轴承工业协会 组编

何加群 主编

机械工业出版社
China Machine Press

本书分 10 章，对轴承产业的发展思路、发展目标、发展战略、政策进行了全面、系统的分析研究，对产业发展和目前的瓶颈问题，提出了具有指导意义的建议。第 1 ～ 4 章主要对轴承产业的战略地位、现状、发展环境及国外发展情况进行深入分析；第 5 章研究分析了我国轴承产业为战略性新兴产业配套的市场环境，对未来轴承的市场需求情况进行了预测；第 6 章提出我国轴承产业的发展战略和发展目标；第 7 章介绍了我国轴承产业提高为战略性新兴产业配套能力的重点项目；第 8 章介绍一些目前我国进行的基础性研究工作；第 9、10 章指出我国轴承产业发展应采取的措施，并对风险进行了简单分析，提出了政策建议。

本书将普及性、科学性有机地统一起来，既具有一定的思想、理论深度，又具有浅显易懂、实用的特点，既适合各级政府和行业决策机构制定政策法规、学术研究机构规划研究方向参考，也适合企业决策者，技术、管理及市场人员，以及投资、证券行业及咨询机构的人员在规划、投资、研究、项目实施中使用。

图书在版编目（CIP）数据

中国战略性新兴产业研究与发展．轴承 / 何加群等编．—北京：机械工业出版社，2012.11
ISBN 978-7-111-40091-2

Ⅰ.①中… Ⅱ.①何… Ⅲ. ①新兴产业—产业发展—研究—中国②轴承—机械工业—产业发展—研究—中国
Ⅳ. ①F121.3②F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 249275 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
责任编辑：张珂玲　章承林　　责任校对：陈延翔
北京宝昌彩色印刷有限公司印刷
2012 年 12 月第 1 版第 1 次印刷
170mm×242mm · 26 印张 · 466 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-40091-2
定价：158.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社 服 务 中 心：(010)88361066	易 览 网：http://www.mepfair.com
销 售 一 部：(010)68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销 售 二 部：(010)88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：(010)68326643	**封面无防伪标均为盗版**

《中国战略性新兴产业研究与发展》

编委会

主　任　路甬祥　全国人大常委会副委员长、中国科学院院士

副主任　苏　波　工业和信息化部副部长

王文斌　中国机械工业联合会副会长、机械工业信息研究院院长、机械工业出版社社长

委　员　（按姓氏笔画排序）

王仲颖　国家发展和改革委员会能源研究所副所长

石　勇　机械工业信息研究院战略与规划研究所所长

付于武　中国汽车工程学会常务副理事长兼秘书长

刘忠明　郑州机械研究所副总工程师兼研发中心主任

祁　俊　中国工程机械工业协会会长

李树君　中国农业机械化科学研究院院长

李俊峰　国家应对气候变化战略研究和国际合作中心主任

肖立业　中国科学院电工研究所所长

吴　筠　中国机械通用零部件工业协会原理事长

何加群　中国轴承工业协会专务委员

汪　鸣　国家发展和改革委员会综合运输研究所副所长

宋天虎　中国机械工程学会常务副理事长

张进华　中国汽车工程学会常务副秘书长

张志英　中国液压气动密封件工业协会原理事长

陆　力　中国水利水电科学研究院水力机电研究所所长

茅仲文　中国工程机械工业协会副秘书长

徐洪泉　中国水利水电科学研究院水力机电研究所总工程师

郭　锐　机械工业信息研究院副院长、机械工业出版社副社长

盛伯浩　北京机床研究所副总工程师

韩文科　国家发展和改革委员会能源研究所所长

景晓波　工业和信息化部运行监测协调局副巡视员

谢三明　工业和信息化部运行监测协调局监测预测处处长

《中国战略性新兴产业研究与发展·轴承》

执行编委会

主　　编　何加群

撰 稿 人　王全清　范光辉　周　　宇
牛　　辉　李趁意

《中国战略性新兴产业研究与发展》

编委会办公室

主　　任　郭　　锐（兼）

副 主 任　李卫玲

成　　员　赵　　敏　张珂玲　李　　晶

序言

全球金融危机和经济衰退发生以来，美欧日俄等各国为应对危机、复苏经济、抢占未来发展的先机和制高点，都在重新审视发展战略，不断加快推进“再工业化”，培育发展以新能源、节能环保低碳、生物医药、新材料与高端制造、新一代信息网络、智能电网、海洋空天等技术为支撑的战略性新兴产业，在全球范围内构建以战略性新兴产业为主导的新产业体系。力图通过新一轮的技术革命引领，重新回归实体经济，创造新的经济增长点。这已成为很多国家摆脱危机、实现增长、提升综合国力的根本出路。可以预计，未来的二三十年将是世界大创新、大变革、大调整的历史时期，人类将进入一个以绿色、智能、可持续发展为特征的知识文明时代。那些更多掌握绿色、智能技术，主导战略性新兴产业发展方向的国家和民族将在未来全球竞争合作中占据主导地位，赢得全球竞争合作，共享持续繁荣进程中的主动权和优势地位。

为应对金融危机和全球性经济衰退以及日趋强化的能源、资源和生态环境约束，以实现中国经济社会的科学发展、和谐发展、持续发展，党中央、国务院提出加快调整产业结构、转变经济发展方式，加快培育和促进战略性新兴产业发展的方针，出台了《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》以及相关政策举措。可以肯定，未来5～10年将是我国结构调整与改革创新发展的一个新的战略机遇期，将通过继续深化改革，扩大开放，提升自主创新能力，建设创新型国家，实现我国科技、产业、经济由大变强的历史性跨越，我国经济社会发展将走出一条依靠创新驱动，绿色智能，科学发展、和谐发展、持续发展之路，实现中华民族的伟大复兴。

展望未来，高端装备制造、新能源汽车、节能环保、新一代信息技术、生物医药、新能源、新材料、绿色运载工具、海洋空天、公共安全等全球战略性新兴产业将形成十数万亿美元规模的宏大产业，成为发展速度最快，采用高新技术最为密集，最具持续增长潜力的产业群落。

战略性新兴产业的发展需求也将拉动技术的创新突破和产业的结构调整，为包括我国在内的全球经济发展注入新的强大动力。

在世界各国高度重视培育和发展战略性新兴产业的新形势下，编著一套《中国战略性新兴产业研究与发展》图书，借鉴国外相关产业发展的成功经验，对行业发展思路、发展目标、发展战略、发展重点、投资方向、政策建议等方面进行全面、系统研究，凝聚对战略性新兴产业内涵和发展重点的认识，为国家战略性新兴产业发展规划的顺利实施，以及政府和有关部门制定促进战略性新兴产业发展的相关政策和法规提供参考，具有十分重要的现实意义。

《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书一期包括 12 个分册，对相应产业的阐述、分析均注重强调战略性新兴产业的六个主要特点：

一是**绿色**。战略性新兴产业属于能耗低、排放少、零部件可再生循环的“环保型”“绿色型”产业，无论从产品的设计、制造、使用，还是回收、再利用等整个生命周期的各个环节，对资源的利用效率与对环境的承载压力均要求达到最理想水平。

二是**智能**。新型工业化要求坚持以信息化带动工业化、以工业化促进信息化，即要实现“两化融合”。而“两化融合”决定了智能是未来产业尤其是战略性新兴产业的发展方向。所谓智能，是指制造过程的智能化、产品本身的智能化、服务方式的智能化。这些均是智能的最基本层次，它还具有其他更为丰富的内涵。如：智能电网，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用，可实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和系统安全等方面的智能；智能汽车不只是安全智能，还包括节能、减排、故障预警等方面的智能。

三是**全球制造**。随着全球化趋势不断深化，战略性新兴产业的发展成果也必将是由全人类共创共享。新产品的研制开发，不再由一个企业独自完成，需要集成各方面优势资源共同解决。例如 iPhone 在中国完成装配，但它的设计、研发以及许多零部件的供应都是在美国、日本、欧洲等国实现的，其本身就是一个全球化的产品。因而，未来

的制造必然是全球化制造、网络化制造。

四是**满足个性化需求与为更多人分享相结合**。目前中国有 13 亿人口，印度有 12 亿人口，还有巴西、印度尼西亚等新兴国家、发展中国家也都要实现现代化。在全球如此规模庞大的人群中，既存在富裕阶层、高消费阶层，他们的消费需求是个性化、多样化的；又有占比较大的中产阶层、贫困人口，他们的消费需求是基本层次的，但也不能被忽视。两种类型的消费需求必须同时被满足，这不仅是构建和谐社会的需要，而且是构建和谐世界的需要。因此，我国发展战略性新兴产业，应该既要满足中高端个性化的需求，同时又要满足我国与其他发展中国家广大普通消费者的需求。要把个性化的设计、个性化的产品生产，与规模化、工业化的传统生产结合起来，不能完全抛弃传统的规模化生产方式。

五是**可持续**。要使有限的自然资源得以有效、可持续利用，发展利用可再生资源、能源，强调发展再制造、循环经济。无论是原材料使用，还是零部件制造，从研发、设计之初就考虑到了生产中的废料、使用后的遗骸的回收处置，使其能够重新得到循环利用。

六是**增值服务**。培育发展战略性新兴产业需要注意在设计制造过程中与产品售后、使用过程中提供相关增值服务。不应再局限于传统的观念，只注重制造本身，而不注重服务的价值。例如，发展电动汽车产业，必须首先解决好商业模式问题，包括充电桩建设、电池更换、废旧电池回收等服务方面，否则将无法广泛推广。

《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书内容丰富，资料翔实，观点鲜明，立意高远，并力求充分体现出“四性”，即科学性、前瞻性、指导性和基础性。

第一，体现**科学性**。所谓科学性，就是指以科学发展观为指导。科学发展观的核心是以人为本，总体目标是全面、协调、可持续，基本方法是统筹兼顾，符合客观规律。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书既要能够为党中央、国务院提出的加快发展战略性新兴产业的总体战略服务，又不应受到行业、部门的局限，更不能写成规划或

某些部门规划的解读材料，而应能够立足于事物客观规律、立足于全局。各分册编写组同志重视调查、研究，力求对国情、科技、产业及全球相关产业的发展态势有比较准确的把握，努力为我国战略性新兴产业的发展提供一本基于科学基础的好素材。这套图书立足基于我国国情，而不是简单地把发达国家的相关产业信息进行综合、编译，照搬照抄。当然，我国发展战略性新兴产业不能“闭门造车”，而是要坚持开放性，积极参与国际分工合作，充分利用全球优势资源，提高发展的起点和水平。因而，有必要参照国际成功经验与最新发展趋势，但一定要以我国国情和产业特点为根本出发点，加快培育和发展有中国特色的、竞争能力强的战略性新兴产业。

第二，体现**前瞻性**。一是能够前瞻战略性新兴产业的发展，因为这套图书是战略性新兴产业的发展指导书。二是能够前瞻战略性新兴产业技术的发展。为了做好这两个前瞻，必须要适当地前瞻全球经济、我国经济与战略性新兴产业发展的趋势。只讲发展现状是不够的，因为关于现状的资料很多，通过简单地网络搜索即可查到；也不能只罗列国外的某些规划和发展战略。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书的编写注重有深度的科学分析与前瞻性的研究。

第三，体现**指导性**。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书本身就是指导书，能够对产业、对技术、对国家制定政策，甚至在未来国家发展战略与规划的制定等方面发挥一定的引导作用与影响。虽然不能说这套图书可以指导国家战略与规划的制定，但是应该努力发挥其积极的引导作用。

第四，体现**基础性**。所谓基础性，就是指要能够提供战略性新兴产业的基础信息、基础知识，以及我国和有关国家在相关产业发展方面的基本战略，主要的法规、政策和举措，并尽可能提供一些基本的技术路线图。比如在轴承分册，就描述了一个轴承产业发展的路线图。唯有如此，《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书才能满足原来立项的宗旨——不仅要为工程技术界、大学教师、大学生与研究生提供学习参考书，为产业界的技术人员、管理人员提供决策参照，而

且要为政府部门的政策法规制定者提供参考。

机械工业出版社是具有60年历史的专业性综合型出版机构，改革开放后，随着市场经济的发展，机械工业出版社不断改革转型，不但形成了完善的编辑出版工作流程和质量保证体系，而且编辑人员作风严谨，工作创新。

《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书不仅是一套科技普及书，更是一套产业发展参考书，必须既要介绍国内外战略性新兴产业的发展情况，又要阐述相关政策、法规、扶植措施等内容。因此，这套图书的组编单位、编写负责人和编写工作人员必须要有相关积累和优势。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书所选的分册主编和作者主要是精力充沛的业内中青年专家，并由资深专家负责相应的编审、校审工作。现在看来大多数工作由中青年同志担当，是完全符合实际的。此外，这套图书的编著还充分发挥了有关科研院所、行业学会和协会的作用，他们的优势在于对行业比较熟悉，并掌握了较为丰富的资料。

最后，特别感谢国家出版基金对《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书的大力支持！感谢全体编写出版人员的辛勤劳动！

期望《中国战略性新兴产业研究与发展》为社会各界了解战略性新兴产业提供帮助，期待中国战略性新兴产业培育和发展尽快取得重大突破，祝愿我国在不久的将来实现由经济大国向经济强国的历史性跨越！

是为序。

路甬祥

2012年2月6日于北京

前言

轴承是关键机械基础件。轴承在国民经济和国防建设中有着重要的地位和作用。党和国家高度重视轴承工业的发展。

轴承工业和战略性新兴产业有着密切的关系。节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车等战略性新兴产业都离不开轴承工业的配套。尤其是新能源汽车产业，包括核电、风电、太阳能发电等的新能源产业，包括航空、卫星及应用、轨道交通装备、海洋工程装备、智能制造装备等的高端装备制造产业均需要大量高速、精密、重载轴承。

新中国成立六十多年来，我国轴承工业从无到有，从小到大，与共和国一同成长。特别是改革开放以来，我国轴承工业持续、稳定、快速发展。我国已成为位居世界第三的轴承生产大国，并以坚定的步伐向世界轴承强国迈进。我国轴承工业已具备了一定的为战略性新兴产业配套的基础和条件。近年来研发了一系列为战略性新兴产业配套的轴承，如卫星和飞船发射、测控和应用系统轴承，风力发电机组偏航、变桨轴承，核电站二级泵轴承，提速重载铁路货车轴承，第三代轿车轮毂轴承单元等。但是由于我国轴承工业大而不强，与国际先进水平还有相当大的差距，民用航空轴承，高速动车组轴承，高、中档数控机床轴承，风力发电机组增速器、主轴和发电机轴承，高速精密冶金轧机轴承等为战略性新兴产业配套的高端轴承产品仍然全部或大部靠进口。轴承已成为战略性新兴产业诸多领域发展的“瓶颈”，其问题亟待解决。

处于激烈竞争的国际环境中的我国轴承工业应紧紧抓住国家加快培育和发展战略性新兴产业的历史机遇，充分发挥市场需求的导向作用和市场优化配置资源的基础性作用，突出企业在战略性新兴产业配套轴承研发和产业化中的主体作用，依靠各级政府部门和行业协会在

规划制定、组织协调、政策引导和市场环境改善上的有力支持，以科学发展为主题，加快转变发展方式为主线，着力产业结构调整，着力自主创新能力建设，着力产业布局优化，着力技术改造，着力品牌建设，着力“两化融合”，组织“产、学、研、用”战略联盟的研发和产业化攻关，从根本上提高为战略性新兴产业配套的能力，整体推进和重点突破相结合，经过 1 ～ 2 个五年规划期的努力，基本上满足战略性新兴产业的配套需求，实现建设世界轴承强国的宏图大业。

《中国战略性新兴产业研究与发展·轴承》的编写得到了业内外资深专家的大力支持。十分感谢国家“973”计划项目“高性能滚动轴承基础研究”首席科学家王煜博士，瓦房店轴承集团公司副总经理孙茂林高工、总经理助理王风才博士、副总工程师曲荣君高工，洛阳 LYC 轴承有限公司总工程师庞碧涛教授级高工、副总工程师苏敏教授级高工，河南科技大学马伟教授，洛阳轴研科技股份有限公司董事长吴宗彦教授级高工、副董事长杨晓蔚教授级高工、总经理助理叶军教授级高工、雷建中教授级高工，全国滚动轴承标准化技术委员会秘书长郭宝霞教授级高工，国家轴承质量监督检验中心常务副主任汤洁教授级高工，中国轴承工业协会副秘书长卢刚高工和杭州轴承试验研究中心李兴林博士等资深专家为本书提供了大量的资料。感谢中国轴承工业协会赵艳萍为本书录入和编排做了大量的工作。

何加群

2012 年 3 月 6 日

编写说明

《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》确定了我国未来经济社会发展的战略重点和方向是战略性新兴产业，并且根据我国国情和科技、产业基础，又制定出现阶段重点发展节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车七大新兴产业。可见，未来 5 ～ 10 年七大战略性新兴产业将是国家重点支持、大力推广的产业。

为了使大家全面理解、准确把握、深刻领会国家这一战略决定的精神实质，了解其发展内涵，推动产业结构升级和经济发展方式转变，增强国际竞争优势，抢占新一轮经济和科技制高点，机械工业出版社在国家出版基金的支持下，组织各领域权威专家编写了一套《中国战略性新兴产业研究与发展》（以下简称《研究与发展》）图书。

《研究与发展》以国家相关发展政策和规划为基础，借鉴国外相关产业发展的成功经验，对产业发展思路、发展目标、发展战略、发展重点、投资方向、政策建议等方面进行了全面、系统的研究；对前瞻性、基础性和目前产业上有瓶颈限制的问题提出了有针对性的对策。

《研究与发展》采用分期分批的出版方式陆续出版发行，第一期出版的分册包括太阳能、风能、生物质能、智能电网、新能源汽车、轨道交通、工程机械、水电设备、农业机械、数控机床、轴承和齿轮。今后根据国家产业政策要求及各行业的发展情况还将陆续推出其他分册。

为了出版好《研究与发展》，机械工业出版社成立了《中国战略性新兴产业研究与发展》编委会，全国人大常委会路甬祥副委员长担任编委会主任。路甬祥副委员长对该套图书的编写高度重视，亲自参加编委研讨会，多次提出重要指导意见。他从图书的定位、内容选材、作者队伍建设和运作流程等方面都给予了全面和具体的指导，并提出了“六个特点”和“四性”的具体要求。

机械工业出版社还建立了完善的项目管理、编写组织、出版规范和网络支撑四个方面的工作体系来保证图书质量。各组编单位投入了大量的精力组织行业权威专家规划内容结构、研讨内容特色；参与图书编写的主创人员也不计报酬，自觉自愿地把自己的聪明才智和研究成果奉献给社会，奉献给国家。他们都担负着繁重的科研、教学、行业管理或生产任务，为了使此书能够早日与大家见面，他们不辞辛苦、加班加点。因为他们都有一个共同心愿——帮助企业快速成长，使中国由大变强。

在此，衷心地感谢为此项工作付出大量心血的组编单位、各位专家、各位撰稿人、编辑出版及工作人员！

尽管我们做了大量工作，付出了巨大努力，但仍难免有疏漏或错误之处，敬请读者批评指正！

《中国战略性新兴产业研究与发展》编辑部

2012 年 6 月

目录 CONTENTS

序言
前言
编写说明

第 1 章　轴承产业的战略地位　1

1.1　轴承是高科技支撑的产品　2
1.2　轴承产品是装备制造业的关键基础件　2
1.3　轴承是战略性的物资　3
1.4　我国轴承工业为国防装备的发展发挥了保障作用　4
1.5　我国轴承工业为重大装备和重点工程发挥了重要的支撑作用　4

第 2 章　我国轴承产业现状　5

2.1　我国轴承产业与战略性新兴产业的关系　6
2.2　我国轴承行业的发展概况　7
2.3　我国轴承行业存在的主要矛盾和问题　11

第 3 章　世界轴承产业发展情况　13

3.1　发展历程　14
3.2　轴承在世界经济和军事中的战略地位　15
3.3　世界轴承技术水平　17
3.4　世界轴承工业发展趋势　23
3.5　跨国轴承集团公司在中国投资发展概况　25
3.6　跨国轴承公司为新兴产业配套情况　30

第 4 章　我国轴承产业发展的环境分析　35

4.1　机遇　36

4.2 挑战 38

第 5 章 我国轴承产业为战略性新兴产业配套的总量需求和市场预测 41

5.1 “十二五”重点主机配套与维 修轴承需求量预测 42

5.2 为战略性新兴产业配套的轴承市场分析 43

第 6 章 我国轴承产业的发展战略和发展目标 57

6.1 发展战略和指导思想 58

6.2 发展目标 58

6.3 产品发展重点 61

第 7 章 轴承产业提高为战略性新兴产业配套能力的重点项目 65

7.1 提高为战略性新兴产业配套能力的路线图 66

7.2 大飞机轴承研发攻关 81

7.3 高速动车组轴承研发攻关 84

7.4 高档数控机床轴承研发攻关 108

7.5 风电轴承研发攻关 124

第 8 章 高性能滚动轴承基础研究 139

8.1 研究内容 140

8.2 预期目标 146

8.3 研究方案 148

第 9 章 发展措施 171

9.1 着力自主创新 172

9.2 加快结构调整 174

9.3 推动产业升级 175

9.4 促进“两化融合” 179

9.5 加强品牌建设 182

9.6 完善标准体系 183

9.7 优化企业管理 185
9.8 实施人才工程 187

第 10 章 风险分析和政策建议 189
10.1 风险分析 190
10.2 政策建议 191

附件 195
附件 A 机械基础件 基础制造工艺和基础材料产业“十二五”发展规划 196
附件 B 国家科技计划有关轴承的课题申报指南 217
附件 C 关于认真贯彻《产业结构调整指导目录（2011 年本）》的通知 225
附件 D 工业和信息化部关于印发《机械基础零部件产业振兴实施方案》的通知 226
附件 E 关于组织推荐 2011 年国家重大科技成果转化项目的通知（节选） 234
附件 F 国家大型轴承工程技术研究中心可行性论证报告（节选） 237
附件 G 国家轴承技术研究中心项目可行性研究报告 248
附件 H 全国轴承行业轴承主营业务收入前 40 名企业 261
附件 I “十一五”期间我国轴承进出口贸易情况 263
附件 J 全国轴承产业集聚区发展情况 267
附件 K 轴承生产企业技术创新体系和能力建设评价指标体系 268
附件 L 全国轴承行业“十二五”轴承工艺装备发展指南 270
附件 M 全国轴承行业先进轴承工艺装备研发和产业化情况 275
附件 N 全国轴承行业质量跨标杆技术管理条例 297
附件 O 全国轴承行业精品轴承达标活动总结和安排 311
附件 P 全国轴承行业“十二五”轴承钢发展规划 316
附件 Q 全国轴承行业“十二五”节能减排技术指南（试行） 326
附件 R 全国轴承行业企业信息化与工业化融合发展水平评估指标体系（大纲） 353
附件 S 全国轴承行业“十二五”共性技术攻关和关键技术研发项目 357
附件 T 全国滚动轴承标准工作“十二五”规划 360

第 1 章

轴承产业的战略地位

1.1 轴承是高科技支撑的产品

在机械产品中，轴承属于高精度产品，看似结构并不复杂的轴承产品，却需经过复杂的工艺加工过程。要高效率、低成本地加工出精度高、寿命长、性能可靠的轴承产品，需要材料科学、热处理技术、精密机械加工技术、数控技术等多学科的理论和技术的支撑。

滚动轴承在机械产品中应用广泛，其设计的有关问题包括轴承内部的弹性接触、内部游隙与原始接触角，载荷引起的接触角变化，轴承内部的载荷分布与载荷引起的内外圈相对位移，滚动轴承的寿命、基本额定动载荷、当量动载荷、基本额定静载荷、径向积分与轴向积分，深沟球轴承的轴向承载能力，韦布尔分布与寿命数据的处理，轴承的运动学、配合应力与变形等。研究轴承除了要应用数学和物理的方法，同时还依赖一系列深厚的理论研究基础，例如：

——用于轴承滚动体和滚道接触应力分析的经典的赫兹（Herts）接触理论。

——由琼斯（Jones）建立的，经哈里斯（Harris）等加以完善的轴承套圈滚道控制理论，进而由沃尔特斯(Walters)提出的，由哈里斯发展的滚动轴承动力学分析模型。

——由温诗铸院士在国内首先提出并开展的对弹性润滑流体动力理论的研究所推动的弹流润滑理论在滚动轴承设计中的应用。目前，滚动轴承弹流理论还在继续发展中。

——以摩擦学设计研究为基础的滚动轴承失效准则的研究。

近年来发展最快的是一些在特殊工况下使用的滚动轴承的润滑设计技术。

对滚动轴承的研究虽已取得了很大的进展，但仍有很多问题需进一步解决，如：运行条件下的分析模型中要考虑的因素，高速旋转下的惯性力效应，材料弹塑性变形，接触表面微观粗糙度存在时弹流膜形成规律和保持性，承受压力的变化，摩擦磨损和温度升高，振动和噪声，以及这些问题耦合的影响等。这些都是十分复杂的研究问题，不仅需要多学科理论的综合支持，还需要有效的数值计算方法和功能强大的计算工具。

1.2 轴承产品是装备制造业的关键基础件

轴承制造已形成独立的工业门类，是劳动密集型产业，更是技术密集型产业。轴承产品是各类机械装备的重要配套件，在机械装备中起着承受力和传递运动的

作用，被誉为机械装备的“关节”。它的精度、性能、寿命和可靠性，对主机的精度、性能、寿命和可靠性起着决定性的作用。运载火箭和人造卫星、飞船及测控系统轴承的可靠性直接关系到火箭能否成功发射，卫星和飞船能否安全运行。航空发动机轴承的精度、性能、寿命和可靠性对飞机的性能和安全起着决定性的作用。而陀螺仪轴承的精度直接关系到航空、航天、舰船等装备的正确导航和安全运行。机床主轴的运转精度，主要由支承其的轴承精度所决定，轴承径向跳动精度要求高达 0.1 ～ 0.5μm。各类电机、电器的振动和噪声，受其电机轴承的振动和噪声所影响，静音仪表电机用微型轴承的噪声要求为 12 ～ 15dB。钢板轧机轴承的旋转精度决定了钢板的轧制精度。火车轴承若发生早期破坏，在火车运行中发生故障，则会导致热切轴，车辆颠覆，严重威胁国家财产和人民生命安全。需要使用一个大修期的石油钻机轴承和需要无故障运行 20 年的风力发电机轴承，如达不到使用寿命，会产生昂贵的维修费用。对于零部件旋转运动几乎无处不在的机电产品，轴承作为旋转零部件的支承件，其性能对于机电产品的轻量化、承载能力的提高和摩擦力的降低影响很大，从而直接关系到机电产品的能源利用效率。正因如上所述，凡是工业发达的国家，都极其重视轴承工业的发展，如美国、日本、德国等，都是世界轴承工业强国。

1.3 轴承是战略性的物资

世界轴承工业是在两次世界大战中，作为军火急需品发展起来的，尤其是在第二次世界大战期间，德国对苏联发动战争时，首批轰炸目标就包括几个主要轴承生产厂。前苏联在第二次世界大战大反攻时，在首批轰炸的目标中，就有德国的 FAG 轴承公司。由此，轴承工业在军事上的战略重要性可见一斑。

日本一直把轴承作为重要的战略物资进行控制，绝对不允许外资进入其国内的轴承企业。

近些年来，随着经济全球化进程加快和我国扩大开放，世界上八大轴承跨国公司都已进入我国，建立了独资或合资企业。但这些企业的轴承产品首先为其在华的主机厂家配套。欧、日、美的汽车轴承均自成体系，我国轴承企业难以介入。

西方国家过去和现在都严禁军用轴承向我国出口，即使是可用于军用轴承生产的设备和仪器也严禁向我国出口。例如：我国某轴承公司从日本进口微型轴承生产设备，日本设备厂商只有在取得有效证明，确认这些设备不用于军用轴承生产后，才同意出售。由此可见，真正的核心技术是买不来的，只能靠我们自己去开发。

1.4 我国轴承工业为国防装备的发展发挥了保障作用

由于西方国家的封锁和禁运，我国航空航天和军事装备所用的轴承百分之百立足于国内，具有完全自主知识产权。例如，神舟系列飞船轴承，历代国产战斗机、武装直升机、轰炸机和运输机的全部配套轴承，各年代各种型号的运载火箭内部及其发射装置、测控系统全部装用的轴承，国产各种型号战车的全部配套轴承，包括核潜艇在内的全部国产军用舰船配套轴承，各种型号鱼雷的配套轴承，包括核反应堆用的原子能工业配套轴承，人造地球卫星内部及其运载火箭、发射装备和测控系统装用的全部轴承，雷达通信设备配套轴承等。

1.5 我国轴承工业为重大装备和重点工程发挥了重要的支撑作用

我国轴承行业经过长期的艰苦攻关，提供了一系列重大装备和重点工程需要的轴承，没有受制于人，为重大装备国产化作出了贡献。例如，上海宝钢集团有限公司 2050 连轧线和武汉钢铁公司 1700 连轧线的配套轴承，沙漠油田深井、滇黔贵油田苛刻井及海洋油田的石油钻机全部配套轴承，提速铁路货车轴承和时速 160 ～ 200km 的准高速铁路客车和机车轴承，第二代、第三代轿车轮毂轴承，海洋科学考察船、远洋科学测量船和远洋打捞船用轴承，风力发电机偏航、变桨轴承，三峡工程大坝闸门轴承以及黄河小浪底水利枢纽工程大坝闸门轴承和闸门启闭机轴承，上海磁悬浮列车轨道支承座机构用自润滑推力关节轴承，沪东造船厂百吨起重机用重大型轴承，广州文冲船厂船坞门吊用重大型轴承，上海地铁用超高硬度大型转盘轴承，北京中华世纪坛 3 000t 重的旋转体用组合轴承等。

第 2 章

我国轴承产业现状

2.1 我国轴承产业与战略性新兴产业的关系

战略性新兴产业是引导未来经济社会发展的重要力量。发展战略性新兴产业已成为世界主要国家抢占新一轮经济和科技发展制高点的重大战略。2010 年 9 月 8 日，国务院常务会议审议通过了《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，2010 年 10 月 10 日正式颁布，旨在将战略性新兴产业培育成为国民经济的先导产业和支柱产业，抢占科技和经济制高点，以促进我国经济社会战略转型，保持经济社会可持续发展。

将战略性新兴产业的三个层次作局部展开，可知轴承产业和战略性新兴产业密切相关。轴承产业与战略性新兴产业的关系如图 2-1 所示。

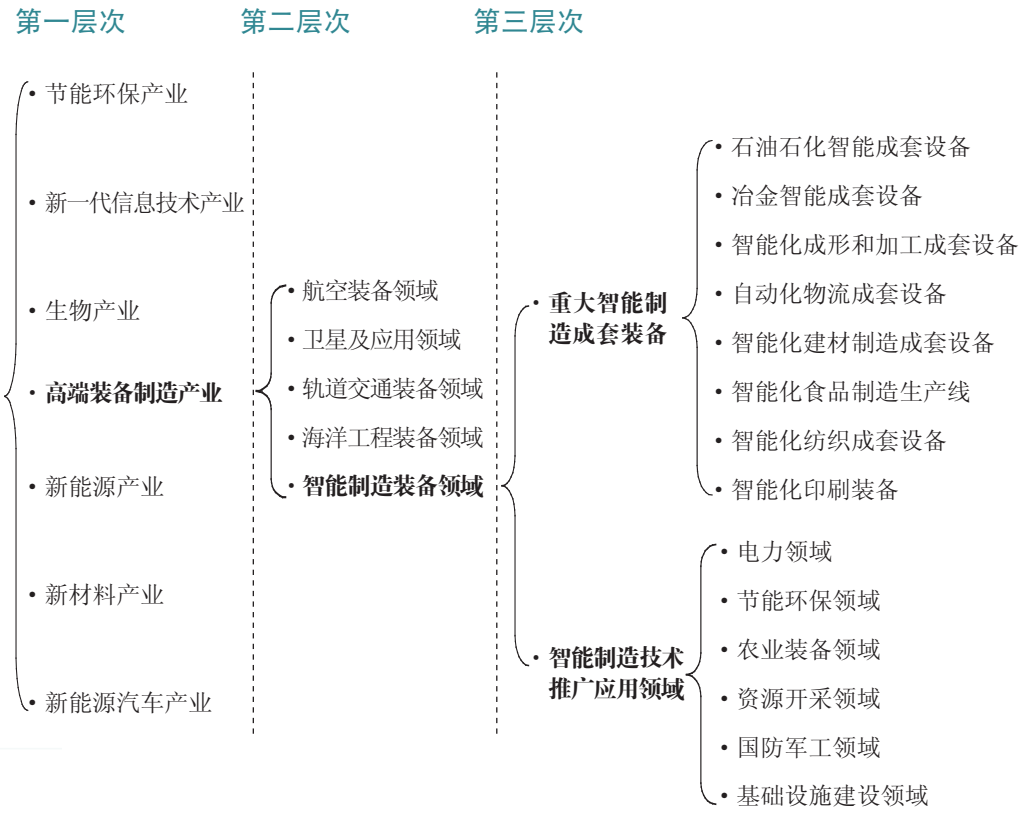


图 2-1 轴承产业与战略性新兴产业的关系

从图 2-1 中的第一层次可知，战略性新兴产业包括节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车七个产业。节能环保产业，包括核电、风电在内的新能源产业，以及新能源汽车产业需要大量的高速、精密及重载轴承。

将第一层次中的高端装备制造产业展开为第二层次，包括航空装备、卫星及应用、轨道交通装备、海洋工程装备和智能制造装备五个领域。航空装备领域中大飞机的研制，系列支线飞机、通用飞机和直升机的发展，其发动机、起落架和机载设备均需要高可靠性轴承。卫星及应用领域的大推力火箭、卫星动量轮及地面控制系统对配套轴承的精度、性能、寿命和可靠性的要求极其严格。轨道交通装备领域中高速动车组、重载货车、大功率机车、城市和城际轨道交通装备，轴承是其实现高速、重载、快捷及安全运行的关键配套件。海洋工程装备领域的海洋油气等矿产资源开发装备，对配套轴承有着特殊的要求。

将第二层次中的智能制造装备领域展开为第三层次，包括重大智能制造成套装备和智能制造技术推广应用领域。其中，重大智能制造成套装备包括石油石化智能成套设备、冶金智能成套设备、智能化成形和加工成套设备、自动化物流成套设备、智能化建材制造成套设备、智能化食品制造生产线、智能化纺织成套设备和智能化印刷设备等；智能制造技术推广应用领域包括电力领域（百万千瓦级火电、核电，2MW 以上风电，太阳能热电站追日控制系统等）、节能环保领域、农业装备领域、资源开采领域、国防军工领域（航天、航空、舰船及兵器等）和基础设施建设领域（挖掘机、盾构机、起重机、装载机、叉车、混凝土机械、机场和港口自动装卸设备等）。以上两方面的重大装备和重点主机，需要大量的各种类型的高速、精密、重载轴承作为关键零部件。

由以上内容可知，轴承行业与战略性新兴产业密切相关。国家决定加快培育和发展战略性新兴产业，为轴承行业发展高速、精密、重载轴承提供了大好机遇。

2.2 我国轴承行业的发展概况

1. 保持了持续发展的态势

“十一五”期间，我国轴承行业保持了平稳较快发展的态势，近年轴承产业主营业务收入发展趋势如图 2-2 所示，近年轴承产业轴承产量发展趋势如图 2-3 所示，近年轴承产业轴承进出口额发展趋势如图 2-4 所示，近年轴承产业轴承进出口数量发展趋势如图 2-5 所示。

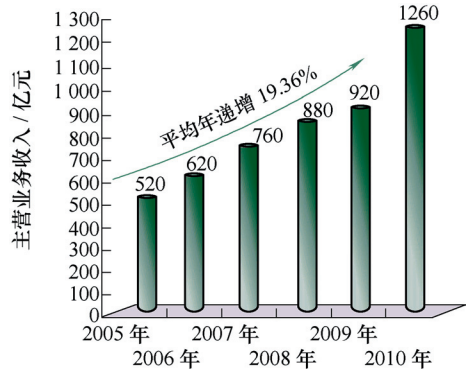


图 2-2　近年轴承产业主营业务收入发展趋势

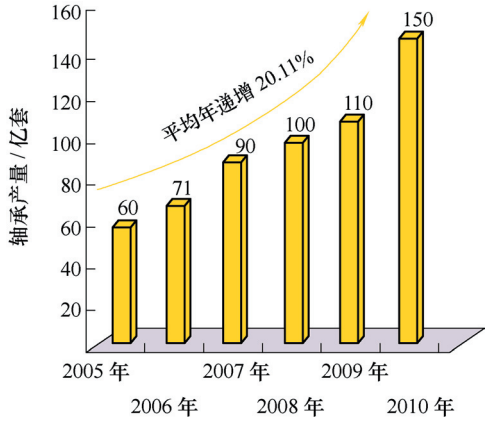


图 2-3　近年轴承产业轴承产量发展趋势

2. 已形成独立完整的工业体系

我国轴承行业已形成较大的经济规模。2010 年全行业轴承产量为 150 亿套，销售额为 1 260 亿元，位居世界第三。规模以上企业有 1 850 家，其中年销售额 30 亿元以上有 5 家。按销售额划分，已形成国有：民营：外资 =14∶66∶20 的格局。

1）自主创新体系和能力建设取得进展。有一所（洛阳轴研科技股份有限公司，原洛阳轴承研究所，以下简称轴研所）、一院（中机十院国际工程有限公司，以下简称中机十院）、一校（河南科技大学，以下简称河南科大）作为行业技术依托。依托瓦房店轴承集团公司建设国家大型轴承工程技术研究中心，在这一领域实现了零的突破。6 个国家认定的企业技术中心［万向钱潮股份有限公司（以下简称万向）、瓦房店轴承集团公司（以下简称瓦轴）、洛阳 LYC 轴承有限公司（以下简称洛轴）、哈尔滨轴承集团公司（以下简称哈轴）、西北轴承股份有限公司

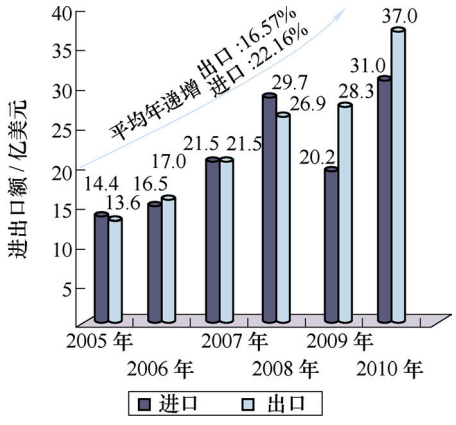


图 2-4　近年轴承产业轴承进出口额发展趋势

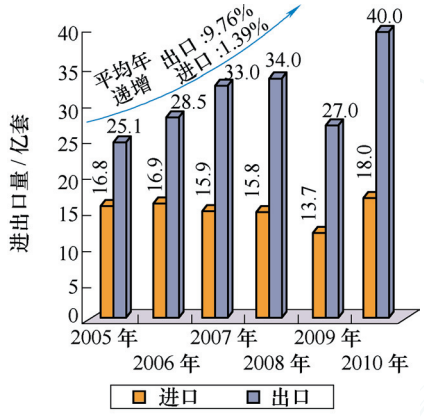


图 2-5　近年轴承产业轴承进出口数量发展趋势

（以下简称西轴）、湖北新火炬科技股份有限公司（以下简称新火炬）］。7 个博士后科研工作站［万向、龙溪股份有限公司（以下简称龙溪）、轴研所、西轴、杭州轴承试验研究中心（以下简称杭州中心）、天马轴承股份有限公司（以下简称天马）、洛轴］。11 个国家认可的实验室［轴研所、杭州中心、上海轴承技术研究所（以下简称上海所）、万向、龙溪、瓦轴、重庆长江轴承股份有限公司（以下简称重庆长江）、浙江慈兴集团公司（以下简称慈兴）、常州光洋轴承股份有限公司（以下简称常州光洋）、大连冶金轴承集团公司（以下简称大冶轴）、东莞 TR 轴承有限公司（以下简称东莞 TR）］等企业技术创新载体得到提升和发展。形成了由 97 项国家标准、103 项机械行业标准、78 项轴承标委会文件组成的，与国际标准接轨的轴承标准体系，国际标准采用率达 80%。

2）零件专业化和工艺专业化生产长足进步。江苏通用、山东东阿、河南星彩等钢球生产基地，聊城保持架生产基地，洛阳、哈尔滨滚子生产基地，新昌、黄石及湖州锻造生产基地已初具规模，全行业逐步形成比较完整的产业链。制造技术和产品质量达到国际先进水平的钢球、保持架制造企业已初见端倪。

3)装备配套能力提高。无锡开源、上海莱必泰、新乡日升、齐重数控、濮阳贝英、无锡明鑫及天津二机床等轴承专用工艺装备制造企业已能向行业提供接近国际水平的工艺装备。

3. 为国民经济和国防建设的配套能力大大增强

经过六十多年的发展，特别是“九五”以来组织的多项自主创新技术攻关，使我国轴承行业自主创新能力和为国民经济的配套能力大大增强，我国轴承行业已能生产 7 万多个规格、各种类型的轴承。

我国轴承行业的优势企业在“十一五”期间共研发了 16 个关键领域中的 13 个领域的 106 种重大技术装备的配套轴承 528 种，年新增销售收入 92 亿元，产品达到国外同类产品水平，为我国关键领域重大技术装备自主化作出了贡献。

——以“神舟”系列飞船、“嫦娥一号”、“嫦娥二号”、大推力火箭和“歼十”为代表的航天、航空和其他国防装备配套轴承全部立足于国内，具有完全自主知识产权。

——微小型球轴承的设计制造技术和产品质量达到了国际先进水平，具有很强的国际竞争力。微小型球轴承磨加工、超精加工和装配自动生产线已增加到 5 000 多条。

——全国轴承行业的优势企业研发成功达到国际先进水平的大功率风力发电机组偏航、变桨轴承，核电站二级泵轴承，准高速铁路客车轴承，提速重载铁路货车轴承，大功率机车轴承，长寿命水泥立磨机轴承，新一代 CT 机轴承，第三代轿车轮毂轴承单元，长寿命汽车水泵轴连轴承，Z2、Z3 组低噪声圆锥滚子汽车轴承，超精密级森吉米尔轧机轴承，连铸生产线扇形段轴承，千吨级液压履带式起重机轴承，大马力农业装备轴承，高速气流纺轴承，千万吨级煤炭井下综采设备轴承，重大型数控机床主轴、回转工作台轴承，12 000m 高可靠性超深井石油钻机轴承，高转速、耐高温及长寿命化纤设备轴承，长寿命矿山振动筛轴承和机器人薄壁轴承等，并实现产业化。

——一批达到国际水平的先进适用的工艺及装备，如锻造控温电感应加热、套锻及整径，余热利用保护气氛退火，节能型可控气氛多功能热处理生产线，车加工自动生产线，大型冷辗扩机，特大型数控磨床，以车代磨工艺及装备等研发成功并推广应用。

综上所述，我国轴承行业在“十一五”期间取得了长足的发展，为建成轴承强

国打下了坚实的基础。

2.3 我国轴承行业存在的主要矛盾和问题

1. 发展方式没有根本转变

低水平扩张、低效益运行的粗放式发展方式没有根本改变。先进的精益管理、敏捷制造模式和 6σ、5S（6S）管理方法未能推广应用，有的即使应用了也未能很好地坚持。信息技术的应用还处在低层面，与“两化融合”的要求还有很大的距离。全行业全员劳动生产率平均值仅为 10 万元 /（人 • 年）。销售利润率在低位徘徊。轴承钢材料利用率一般水平仅达 50%。万元工业增加值能耗高达 0.64t 标煤。

2. 产业结构的深层次矛盾依然突出

长期低水平的重复建设形成的产业结构的深层次矛盾没有解决，致使产业集中度低的问题没有好转。CR10、CR30 长期在 30%、45% 左右徘徊。轴承行业生产集中度情况见表 2-1。

表 2-1 轴承行业生产集中度情况

项目		年份								
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
全行业总销售额 / 亿元		240	250	271	320	446	520	620	760	880
前 10 名	总销售额 / 亿元	82.6	77.3	85.2	103.0	120.5	159.2	184.4	254.5	303.8
	CR10	34.4%	28.5%	31.4%	32.2%	27.0%	30.6%	29.7%	33.5%	34.5%
前 30 名	总销售额 / 亿元	112.8	109.2	120.7	144.6	198.8	212.5	247.3	340.7	406.4
	CR30	47.0%	43.7%	44.5%	45.2%	44.6%	34.3%	39.9%	44.8%	46.2%
销售额亿元以上企业数		29	28	28	41	47	66	83	99	114
规模以上企业数		603	669	868	776	927	1 267	1 207	1 390	1 440

3. 缺少核心技术自主知识产权

由于原有的行业归口科研院所企业化运作，致使行业共性技术研发和服务平台缺失。同时，企业缺乏自主创新的内生动力和活力，全行业还未实现由技术模

仿和技术跟踪向技术创新和技术集成的转变。30 多万名员工的行业仅获专利授权 1 000 多件，其中发明专利只有 100 多件，还有相当一部分不是核心技术的专利。有关滚动轴承的 60 多项国际标准，没有一项由我国轴承行业主持制订或参与制订。

4. 品牌建设进步较慢

由于企业长期以来重“硬”轻“软”，重产能扩张，轻软实力的积累，造成以核心技术、主导产品、管理能力、营销能力、融资能力、系统集成能力、公司治理能力和企业文化等软实力支撑的品牌建设进步较慢。至今，还没有一个在世界上叫得响的品牌。在做产品→做销售→做营销→做品牌的发展道路上，多数企业还处在做销售的阶段，优势企业也只刚进入做营销的阶段。

5. 产品结构不尽合理

由于准入门槛低，又缺乏退出机制，一大批达不到经济规模、缺少技术支撑的小企业，甚至小作坊，以低价策略挤占普通轴承市场，使一些大型企业也身不由己地卷入价格战，造成了国产轴承在国内外中低端市场上的同质化恶性竞争。

由于轴承精度、性能虽能达到或接近主机用户要求，但其稳定性、一致性有所欠缺，寿命和可靠性存在较大差距或未得到验证，因而下列领域的国产轴承还未得到用户认可，全部或绝大部分依靠进口：高速动车组轴承、风力发电机组传动系统轴承、高速度高精度冶金轧机配套轴承、包括盾构机在内的大型施工机械轴承、高速度高精度数控机床轴承和电主轴、新型城市轨道交通轴承等。

第 3 章

世界轴承产业发展情况

3.1 发展历程

世界轴承工业兴起于19世纪末期到20世纪初期。1880年英国开始生产轴承，1883年德国建立了世界上首家轴承公司（FAG乔治沙佛公司），1889年美国开办了ND轴承厂（现为通用汽车轴承公司新第泊桥海特轴承部），欧美其他大型轴承企业基本上都在20世纪初奠定了发展基础。日本轴承工业形成于欧美之后，1910年瑞典SKF公司向日本提供样品，使轴承第一次单独在日本露面。其后，日本恩斯克（NSK）、恩梯恩（NTN）等轴承公司先后于1914年和1918年建立。第三世界国家的轴承工业起步更晚，与其整个科学技术和机械工业一样，处于相对落后的局面。自1883年德国FAG公司批量生产球轴承至今，世界轴承工业已经走过了129年的发展历程。当今，瑞典的斯凯孚（SKF）公司，日本的恩斯克（NSK）、恩梯恩（NTN）、捷太格特（JTEKT）、美蓓亚（NMB）及不二越（Nachi）公司，德国的舍弗勒（Schaeffler）公司和美国的铁姆肯（Timken）公司是世界上实力最强、水平最高和影响力最大的八大跨国轴承集团公司，堪称世界轴承工业巨头。这些公司拥有一流的科技人才、一流的加工设备和一流的制造技术，占有世界上80%以上的市场份额，引领着世界轴承的发展方向。目前，全世界轴承工业主营业务收入约为820亿美元，其中，轴承产品业务收入约为460亿美元。

总体上讲，世界轴承工业的形成与发展大致经历了三个阶段。

第一阶段，即世界轴承工业的初创阶段，时间是19世纪末期至20世纪初期。当时，轴承的发明、应用虽然已有一段时间，但是轴承的工业化生产则从无到有，刚刚起步，相当幼稚。其主要特点：一是生产规模很小，一个大厂也只有十几人到几百人，日产量不过几套到几百套，属于手工作坊式生产；二是设备简陋，技术落后，多是凭经验生产；三是材料以碳钢为主，精度不高，但价格昂贵；四是品种极少，用途十分有限。当时轴承生产技术只掌握在英国、德国、瑞典、美国等国的少数企业手中。

第二阶段，即世界轴承产业的成长阶段，时间大约是在第一次世界大战结束至第二次世界大战以后。两次世界大战刺激了军事工业的发展，轴承在军事工业中的地位日益提高，加之科学技术飞速发展，第一次世界大战后的短暂稳定和第二次世界大战中的军火急需，促使世界轴承工业迅速发展。其主要特点：一是生

产规模急剧扩大，产量迅速提高，主要轴承生产国年产量超过 3 500 万套；二是生产设备完善，技术手段先进，普遍采用了机群式批量生产；三是轴承材料发展到以铬钢等合金钢为主，产品质量大为提高；四是轴承品种增加，广泛用于汽车、飞机、坦克、装甲车、机床、仪器、仪表及缝纫机等众多领域。在这个时期，人们对轴承的认识和重视升华到了空前的高度。

第三阶段，即世界轴承工业的发展阶段，时间是 20 世纪 50 年代至今。第二次世界大战以后，人们迎来了和平时代，国际经济复苏繁荣，人类开创了和平发展的新纪元。伴随航空航天、核能工业、电子计算机、光电磁仪器及精密机械等高新技术的飞速发展，体现当代科学技术水平的世界轴承工业进入了一个全面革新制造技术，迅速发展品种，轴承精度、性能及寿命日益成熟完善的历史新时期。这个时期的特点：一是轴承企业规模超级化、集团化，形成了逾万人的大型企业集团和跨国公司，如日本的NSK 公司、NTN 公司、东晟（IKO）公司、光洋精工（KOYO）公司、Nachi 公司及 NMB 公司，瑞典的 SKF 公司，美国的 Timken 公司，德国的 FAG 公司、依纳（INA）公司等；二是轴承产量大幅增长，20 世纪 50 年代初期，世界轴承总产量不超过 9 亿套，60 年代初已达 18 亿套，70 年代初为 40 亿套，80 年代初上升到 70 亿套，90 年代后期已超过 100 亿套；三是轴承品种繁多，用途日益广泛，既有传统的单列、双列及多列球轴承，圆柱滚子轴承，滚针轴承，圆锥滚子轴承等，又有万向节轴承，超薄壁轴承，空气轴承，各种在高速、高温、低温、防磁、耐腐蚀等特殊工况下使用的专用轴承等；四是设备先进，自动化程度高，测试手段完善，工序间采用计算机管理，少人或无人操作，技术水平高，生产效率高，如日本 NTN 公司的磐田制作所球轴承厂拥有自动化生产线 35 条，每条生产线仅由 5 人管理，日产 40 万套，年产 1.68 亿套；五是轴承材料高级化、复合化、多样化，因而轴承质量有很大提高，轴承材料不仅包括高碳铬钢、渗碳钢、不锈钢、耐热钢及工具钢等金属材料，而且还有陶瓷、塑料、石墨和碳纤维等非金属材料；六是轴承国际贸易空前发展，可以说世界轴承工业促使所有使用轴承的工业、行业、领域发展繁荣起来，对于整个世界经济和人类社会进步作出了巨大贡献。

3.2 轴承在世界经济和军事中的战略地位

滚动轴承是采用滚动摩擦原理工作的支承件，具有摩擦力小、易于起动、升速迅速、结构紧凑、“三化”（标准化、系列化、通用化）水平高、适应现代各

种机械要求的工作性能和使用寿命以及维护保养简便等特点。它广泛应用于工业（机床、矿山、冶金、石化、轻纺、电机、医疗、工程等机械和各类仪器、仪表等）、农业（拖拉机等农业机械）、交通运输（铁路机车车辆、汽车、摩托车、船舶及飞机等）、国防（舰船、坦克及导弹等）、航空航天（军用飞机、卫星、火箭及宇宙飞船等）、家用电器（电风扇、洗衣机、吸尘器及录像机等）、办公机械（复印机、计算机硬盘驱动器等）和高科技（原子能核反应堆等）等领域，与国计民生息息相关。全世界大约有 80% 的轴承应用于工农业机械以及汽车、火车、飞机等运输设备中。各类主机的工作精度、性能、寿命、可靠性和各项经济指标都与轴承有着密切的关系，尤其是科学技术的发展，各类主机对轴承提出了很多特殊的要求，这些要求又促进了轴承工业的发展，研制和生产出许多特殊种类的轴承。

轴承在国民经济发展和国防建设中正起着越来越突出的作用，因此可以毫不夸张地说：轴承技术代表着世界整个工业的发展水平。

尽管轴承只作为各种主机支承元件，但由于品种繁多、加工精密、尺寸范围大，所以轴承工业是机械工业中一种特殊的独立产业，并已形成了完整的工业体系。到目前为止，全世界已生产轴承 8 万种以上，规格多达 15 万种以上。最小的轴承内径已小到 0.15 ～ 1.0mm，质量为 0.003kg；最大的轴承外径达 40m，质量为 340t。截至 1997 年底，世界轴承总产量已超过 100 亿套，总销售额已达 300 亿美元，其中北美、日本和西欧占世界轴承产量的 78%，美国、日本和德国已形成世界三大轴承市场。一些世界著名的轴承公司，如瑞典的 SKF 公司、德国的 FAG 公司、日本的 NSK 公司和美国的 Timken 公司等，引领着世界轴承的发展方向。

美国、日本和德国等轴承工业发达的国家，其生产集中度和专业化水平都较高。如德国三大公司的轴承产量占该国总产量的 96%，美国四大公司的轴承产量占该国总产量的 56%，而日本五大公司的产品在该国总产量的占有率高达 99.2%。国外较大轴承公司的厂、点都按品种类型、尺寸段、零件以至加工工序组织专业化生产，不存在产品重复现象，更没有中小企业与大公司大量重复生产同一产品的情况。如日本轴承专业化企业生产的零部件已占全部产量的 80%，而工序专业化公司如轴承毛坯锻造公司、车加工专业公司、热处理专业公司也大量涌现，形成了按专业分工、规模生产、各自发挥优势的协作网络。

国外轴承产品及相关技术取得飞速发展的一个重要原因是不断增加对科学技术和产品开发的投入，加强自身的竞争力。如美国机械工业科研费用普遍占其销售额的 3% ～ 5%。SKF 公司用于科研开发、技改投入和设备购置等的费用在 1995

年达 29 亿瑞典克朗，约占总销售额的 9%。日本各轴承企业每年的技术开发和技术改造的投入都不低于销售收入的 10%，充分体现了日本“科技立国”的战略思想。

3.3 世界轴承技术水平

轴承的整体技术水平，在近 30 年来取得了令人瞩目的进步。高精度、高转速、高可靠性、长寿命、免维护保养以及标准化、单元化、通用化已成为轴承的基本技术标志。在轴承基础技术进步、通用产品的结构改进、专用轴承单元化和陶瓷轴承的开发等方面取得的成效最为显著。

3.3.1 基础理论水平

轴承基础理论主要是指与轴承寿命、额定载荷和极限转速等有关的理论。

百余年来轴承寿命理论的研究经历了四个阶段：第一阶段是 1945 年以前的 Stribeck 的载荷分布理论，第二阶段是 1945 ～ 1960 年间伦得伯格（Lundberg）和帕尔格恩（Palmgren）轴承疲劳失效理论，第三阶段是 1960 ～ 1980 年间的寿命修正理论，第四阶段是 1980 ～ 1998 年间以 Ioanndes 和哈里斯（Harris）为代表的新寿命理论。

1962 年，国际标准化组织（ISO）将经典的 L-P 公式作为轴承额定动载荷与寿命计算方法标准列入 ISO/R281 中。近年来，由于材料技术、加工技术、润滑技术的进步和使用条件的精确化，使轴承寿命有了较大提高，ISO 适时地给出了含有可靠性、材料、运转条件和性能等修正系数的寿命计算公式。20 世纪 80 年代以来，哈里斯等学者在大量试验的基础上提出接触疲劳极限的新理论，将寿命理论又向前推进了一步，使轴承寿命计算方法不断完善。

允许轴承发生相当于万分之一滚动体直径的永久变形，一直是 ISO 额定静载荷标准的基础。最新的额定静载荷理论的贡献是给出了对应于这个永久变形的各类轴承的最大滚动体接触应力。

对于轴承极限转速的研究也取得了新进展。当前世界上较有影响的轴承公司，如瑞典的 SKF，德国的 INA、FAG，以及日本的 NTN 等公司，对极限转速的定义、限定范围与使用条件都作出了较科学的规定，使极限转速的研究更加深入。

3.3.2 设计技术水平

传统的轴承设计就其应用的理论和方法而言，多采用静力学和拟静力学设计方法。近 50 年来，轴承设计理论有了很大发展，先后提出和应用了有限差分法、有限元法、动力学及拟动力学、弹性流体动力润滑理论，有力地促进了轴承产品

设计和应用技术的研究与发展。与此相适应，电子计算机辅助设计（CAD）已在各国轴承设计计算中得到广泛应用，从而把轴承设计计算推向了一个新阶段。

量大面广的通用轴承产品的结构一直围绕着提高轴承载荷，延长使用寿命，增加强度与刚性，减少摩擦磨损，降低噪声，减小体积，减轻质量，采用新材料及免除维护保养作为不懈努力的目标。经过近 30 年的努力，国外通用轴承已全部实现了更新换代，形成了新一代的加强型产品。通用轴承内部结构的改进，主要通过减小套圈壁厚，加大滚动体直径与长度，采用对数母线凸度滚子，改变保持架结构与参数，改变引导方式，增加轴承内密封及改善挡边接触来实现。

3.3.3 轴承产品技术水平

当今国外轴承产品的发展具有五个显著特征：一是坚持产品的“三化”方向，以最少的品种满足不同产业的多样化需求，并有利于产品规模化生产；二是产品向轻量化、功能组件化、单元化及智能化发展，以满足主机产品更新换代的要求；三是产品向高速度、高精度、高可靠性、低摩擦、低振动及低噪声方向发展；四是采用和发展了计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）以及计算机集成制造系统 / 信息管理系统（CIMS/IMS）技术；五是在轴承产品上采用现代高新技术，如新钢种、新型工程陶瓷材料、表面改性技术及新的设计结构等，以发展轴承可靠性技术。

上述五个特征具体表现在以下几个方面：

（1）技术标准　国际标准化组织滚动轴承第四委员会（ISO/TC4）现颁布正式轴承标准 65 项、技术报告 8 项，世界各国都等同、等效采用国际标准，确保轴承“三化”水平。

（2）轴承精度　国外在 20 世纪 80 年代就提出了“集中装配设计”的概念，即通过轴承在设计和工艺阶段的相关公差设计，使之控制在一定的公差范围内，经过最少组别的选配，就可实现批量化集中装配，装配后的轴承游隙、装配高等均完全符合标准要求。经检测发现国外名牌产品的精度一致性较好，基本集中在公差带的某一范围内，且离散度较小。如国外精密机床主轴轴承的轴向、径向跳动在 0.5μm 以下，薄板轧机工作辊轴承可保证工作辊径向摆动量在板厚的 3% 以下，日本 NMB 公司研制成功的硬磁盘驱动器高精度小型整体球轴承的重复精度在 0.1μm 以下。

（3）轴承性能　主要表现在用于航空航天工业配套和高技术所需的专用轴承的高速度、高灵敏度、高可靠性及耐高温、耐低温、耐腐蚀、耐辐射和耐真空度的能

力方面，以及通用轴承的转速、温升、振动、噪声和密封等性能方面。

专用轴承中的飞机发动机主轴轴承的速度参数 *dn* 值已达到（2.25 ～ 2.5）× 10^6mm • r/min，耐高温能力达 250 ～ 300℃，寿命达 10 000h。国外正在研制 *dn* 值为 3×10^6mm • r/min 的轴承。陀螺仪轴承精度达 ABEC9 级（P2 级），摩擦力矩仅为 0.001 ～ 0.002mN • m；火箭发动机涡轮泵轴承的耐低温能力达 -253℃（液氢）～ -183℃（液氧），转速为 20 000 ～ 40 000r/min，寿命为 7h；原子能反应堆的轴承温度高达 650℃；迄今美国已研制出能耐 133.3×（10^{-11} ～ 10^{-13}）Pa 高真空度的轴承。

通用轴承中机床主轴轴承为适应 CNC 机床的需求发展很快。如现代数控车床主轴转速可达 3 500 ～ 10 000r/min，比普通车床提高了 1/3 ～ 3 倍；对于磨床主轴轴承，SKF 公司推出大接触角（60°）的角接触球轴承，国外主要轴承公司已系列化生产，此类轴承与双列向心圆柱滚子轴承组合使用，可显著提高速度性能；法国 GAMET 公司推出的空心滚子圆锥轴承改善了轴承温升，是现今机床主轴轴承的精品。

工业机器人精密薄壁轴承国外已有在常温环境下，以及高于 150℃高温环境下和在腐蚀、辐射、污染工况下使用的各种类型，并正向精密化、小型化和智能化方向发展。

近年来，随着机电产品的发展，一些精密机械和高档家电对轴承的音质控制提出了相当严格的要求。为减轻轴承振动，改善轴承品质，提高轴承的无异音合格率，国外在产品设计、加工工艺、工装设备、洁净度控制、钢球加工及保持架改进等诸方面都取得了有益的经验。如日本 NSK 的 6202“静音”轴承的噪声值仅约为 26dB。

除加工工艺外，润滑脂对轴承的振动和噪声也有较大影响。国外一些著名轴承公司均采用轴承专用脂来降低轴承的振动和噪声。如：SKF 公司按照不同的温度、转速、载荷等使用条件，以及轴承尺寸大小，来选用不同的轴承专用脂；NSK 公司相继开发了 AV2、NS7 和 NSC 等低噪声轴承专用脂，较好地控制了噪声，延长了轴承的噪声寿命。目前国外常见的轴承异音在线检测主要有两种方法：一是测量轴承振动的峰值，用峰值因子来判别轴承是否有异音；另一种方法是在测振仪上接示波器，通过示波器上的波形幅值及波的形状来控制。这两种方法都取得了较好的效果。

密封轴承的密封特性是衡量轴承性能的一个重要指标。全世界密封轴承的产

量约占轴承总产量的 70%，各类通用轴承都有密封轴承系列。20 世纪 90 年代，日本 KOYO 公司的轻接触密封、SKF 公司推出的双唇非接触式橡胶密封、FAG 公司的高速主轴轴承密封、INA 公司满滚子轴承聚酯密封、Timken 公司的通用圆锥滚子轴承密封及 FAG 公司的轧机轴承密封等，都代表了当代密封轴承技术的最新成果。

（4）轴承寿命和可靠性　国外深沟球轴承的台架试验寿命一般为计算寿命的 8 倍甚至十几倍以上，可靠度高达 98% 以上，甚至达 99.9%；圆锥滚子轴承的台架试验寿命一般为计算寿命的 4 ～ 6 倍，甚至 8 倍以上，可靠度达 98% 以上。一些为重点主机配套的轴承寿命也较长，如铁路货车轴承寿命达 150 万～ 200 万 km，可实现 10 年无更换；铁路客车轴承，如日本、意大利的高速列车，速度可达 350km/h，行驶寿命为 150 万～ 300 万 km，可靠度在 800km 内可达 90%；载重汽车轮毂轴承行驶寿命达 25 万 km；轧机轧辊轴承轧制寿命可达 60 万～ 80 万 t 钢等。

（5）轴承单元化　轴承单元化技术方兴未艾。轴承行业为了方便用户的装拆、免除维护和减轻结构件质量，已越来越注重开发轴承单元，比较典型的轴承单元有汽车轮毂轴承单元、自调心汽车离合器轴承单元、汽车水泵轴连轴承单元、带座外球面轴承单元、轧机轴承单元、铁路轴承单元、计算机磁盘驱动器主轴轴承单元、气流纺杯轴承单元及钻铣床高速主轴轴承单元等。

（6）轴承材料　注重开发耐磨损低摩擦材料，如含高碳、铬、钼及镍等成分的新型合金钢材，提高了在高频率交变应力下耐疲劳性能。随着对材料性能要求的不断提高，如纯净度高、夹杂物含量低、均匀度及稳定性好等，发展了真空脱气、炉外精炼及电渣重熔等工艺冶炼技术。随着材料科学的发展，满足特殊用途的非金属材料也相继出现，如陶瓷材料、尼龙材料和树脂材料等。

美国的 Timken 公司轴承钢的年销售额占总销售额的比例高达 32%。此外，日本和德国在耐热钢的研究上也取得了重大进展。

非金属材料用于滚动轴承制造中，主要是陶瓷和塑料。FAG、SKF、KOYO 等公司都推出了陶瓷轴承新品种，世界陶瓷轴承年度贸易额超过 4 亿美元。塑料被广泛用于轴承的保持架，如德国 SKF 子公司有 70% 的圆柱滚子轴承和 85% 的新一代圆锥滚子轴承采用了塑料保持架，FAG 公司塑料保持架轴承占其轴承总产量的 30%。

3.3.4　工艺及工艺装备水平

轴承是批量生产的精密产品，只有用先进的制造技术和相应的设备，才能保证产品的精度、性能、寿命、可靠性和成本等技术经济指标的实现。在工业发达

的国家，对批量较大的标准轴承，通常都采用高效、高精度的自动化设备加工制造，对于批量更大的则组织自动化生产线、自动化车间甚至自动化工厂进行生产。

在热处理技术方面，研究不同钢号不同的金相组织形态，如控制 GCr15 钢淬火马氏体常为隐晶状和弥散碳化物含量，根据对尺寸稳定性要求控制残留奥氏体含量，根据冲击性能要求进行差异定量控制。设计合理硬度及匹配，套圈、滚动体具有不完全相同的高硬度。为获得长寿命，研究晶粒细化对无氧化热处理工艺过程的要求。采用氮基保护气氛，气氛的纯度高和吸热式、甲醇裂解滴注，过滤式、直生式等，淬火炉腔内碳势氮势平衡可准确控制。为了提高材料的冲击韧性，发展了贝氏体淬火工艺。此外，表面工程技术也得到广泛应用，如激光表面冲击强化、离子注入等。

在机械加工方面，向着高精度、大批量、标准化生产、优质、高效及低耗方向发展，大量采用了复合工序和自动化生产线。在套圈锻造中为提高材料利用率采用精化、半精化工艺和装备，如高速镦锻机、多工位压力机和冷辗机等，以减少切削量并降低后加工工序成本。在保持架加工中采用焊接架、无车边工艺和一次性冲孔技术，提高精度与效率。车削加工采用数控多轴车床高效切削。

磨超加工以高速、高效为发展方向，套圈内表面磨削速度已达 60 ～ 80m/s，外表面磨削速度达 80 ～ 120m/s。同时，大力开发磨削－超精研自动化生产线，应用 CBN 砂轮磨削、自适应磨削、在线测量和故障自动诊断等新技术，并配以轴承自动装配生产线，确保生产率，稳定产品质量。纳米级轴承加工与测量技术已取得进展。

质量检测与控制是轴承制造技术的重要内容，是轴承优良品质的重要保证。目前已能够进行原材料冶金质量的检测，如氧含量、夹杂物等；能够进行热处理质量的定量检测与控制，解决了残留奥氏体定量检测，表面物理、化学及力学性能的定量检测问题。自动化生产线加工过程在线检测的闭环控制系统、高精度的纳米圆度测量技术及误差补偿技术等也发展起来。

相应地，各类检测仪器也相继发展起来。如：用作零件特征测量仪器的圆度仪、轮廓度仪、沟形仪、凸度仪、表面粗糙度仪、内外径仪及高度仪等；用作检测轴承成品整体性能或特征仪器的振动仪、游隙仪、旋转精度仪、摩擦力矩仪、刚度仪、接触角仪及凸出量仪等；用作生产设备或装配线在线测量仪器的主动测量仪、机外检测机、自动游隙仪、自动测振仪及灵活性检测机等。随着 IT 技术的发展，轴承仪器向着网络化、智能化、虚拟化和纳米化的方向发展，高精度的纳米圆度测量仪、工业 CT 无损检测技术和激光技术也已在轴承行业中应用。

为了检验轴承的质量（性能、功能的保持性、寿命与可靠性），发展了试验理论、试验技术及装备。早在 1939 年，韦布尔（Weibull）就提出了轴承的疲劳寿命服从某一概率分布，即著名的韦布尔分布疲劳寿命理论。在此基础上又发展了能很好地解释轴承失效机理和预测寿命的 L-P 模型。随着轴承钢质量的不断提高，SKF 公司改进了 L-P 模型，考虑了润滑、污染、疲劳极限和轴承当量动载荷之间的复杂关系。为了提高试验效率，缩短试验时间和降低成本，发明了快速强化可靠性试验方法、相似性试验方法等，并开发了各类试验机。检测轴承可靠性、相似性等性能的各类试验机分类如图 3-1 所示。

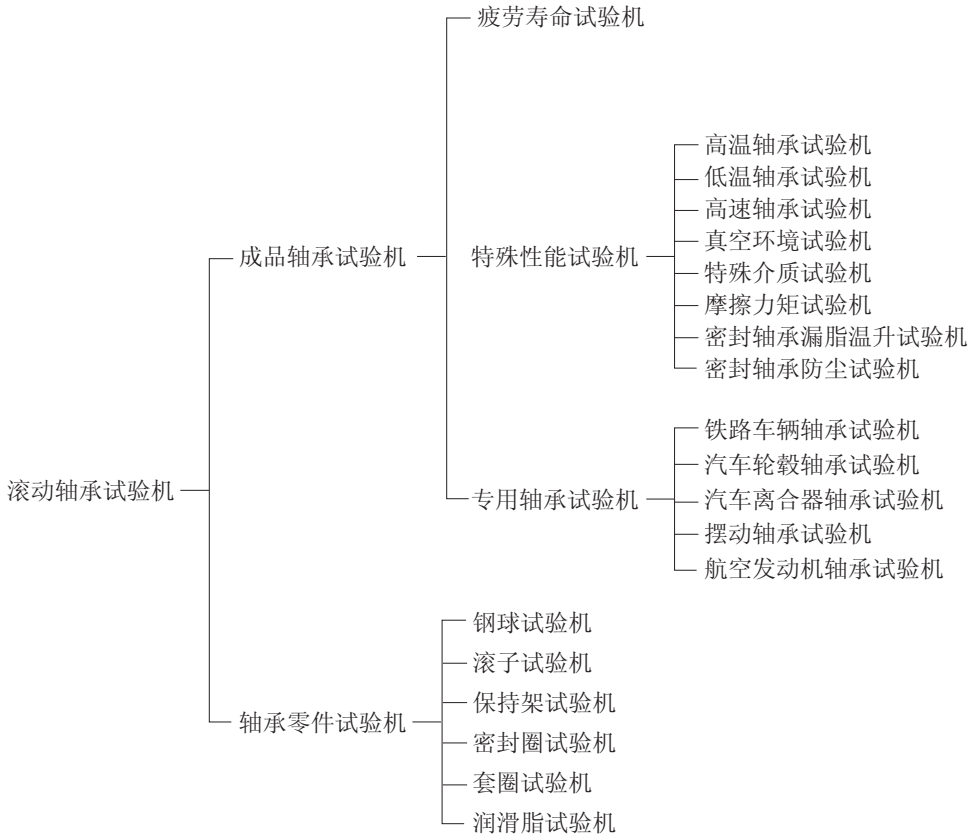


图 3-1　检测轴承可靠性、相似性等性能的各类试验机分类

3.3.5　技术前沿领域

1. 轴承设计

（1）多界面系统动态润滑接触理论

（2）精确定量润滑理论

（3）表层弹塑性接触分析理论

（4）弹塑性流体润滑理论

（5）轴承运动副表面润滑介质分布规律及建模

（6）脂润滑机理

2. 轴承制造

（1）组件的控形控性制造

（2）强化层的形成与可控机理研究

（3）磨削过程中磨粒与工件微观作用与可控机理研究

（4）轴承滚道低温供液磨削加工技术

（5）轴承滚道电化学机械光整磨削技术

3. 轴承服役

（1）复杂环境下的工况建模

（2）轴承服役性能影响机理（工况、装配、配置等）

（3）轴承状态监测与智能轴承

（4）轴承服役性能在线调整

3.4 世界轴承工业发展趋势

1. 企业规模日益扩大，跨国经营方兴未艾

近年来，随着全球性并购潮流的驱动，世界轴承行业的并购也方兴未艾。通过并购重组，形成规模巨大、实力雄厚、称霸一方的企业集团。如：德国依纳（INA）集团对德国 FAG 集团的兼并，2003 年 3 月，依纳斥巨资收购 FAG 集团股权，并吸纳 LUK 集团，组建成有员工 6 万名，年主营业务收入超过 83 亿欧元，产品涵盖轴承、汽车离合器、减振器、发动机及变速器零部件的国际巨型企业；2003 年 2 月，铁姆肯集团斥资 8.5 亿美元收购托林顿集团，完成了战略重组，主营业务收入一举增长 49%，在国际市场的地位迅速前移至第五名；日本光洋精工（KOYO）集团与同居丰田汽车集团旗下的丰田工机集团于 2006 年 1 月 1 日实施战略重组，达到优势互补与经营资源合理配置，一举实现主营业务收入过万亿日元的大步跨越，坐上世界轴承行业的第二把交椅；日本 NTN 对德国 IFA-AT 公司及法国 SNR 轴承厂投资控股并于 2006 年完成兼并工作后，实力大增，在等速万向节与汽车轮毂轴承市场凸现明显优势，2007 年度已经成为汽车轮毂轴承世界冠军，并且 NTN 借此机会

顺利加入大众、雷诺等欧洲汽车公司供应商行列。此类事例颇多，而且还有愈演愈烈之势。随着新一轮的兼并重组，世界轴承市场的利益分配将更加偏向巨头大鳄。以技术、人员、财力、质量服务为主要后盾的综合实力竞争也将日益尖锐激烈。

2. 生产结构日趋合理，技术延伸多业并重

世界轴承工业经过长期的发展，已经变得成熟理性。40 年以前，人们很看重专业化生产，涌现出一大批产品单一的专业工厂，诸如球轴承厂、滚针轴承厂、带座轴承厂、滚子轴承厂、滚子厂、钢球厂及保持架厂等。这些企业投资少，见效快，专业化程度高，经验丰富，有其独特的优势。其中不乏如美蓓亚（NMB）集团这样在某一领域大获成功的范例。但是世界太大，又总是风起浪涌，太小的企业虽然容易掉头，却难以躲避大的风浪。不少大型轴承企业采用合作、联营、并购及参股等多种形式，参与或直接从事钢材、树脂、轴承零部件、机床、精密机具及测试仪器等的生产，一方面扩大了经营范围，增加了经济收益，另一方面拓展了技术领域，更好地保证了轴承性能的发挥，一直以轴承产值占较大比例的局面已经改变，随着经营规模的扩大，一些企业的轴承占总经营品种的份额已经下降至 50% 甚至 30% 左右。而一些单元型、组件型产品的问世也为主机（如轿车）的轻量化改造提供了有力支持。

3. 技术研发与时俱进，高新产品与日俱增

当今世界轴承工业发展成熟的重要标志之一是已经摆脱了被动等待主机需求、仓促攻关研发的局面。如今不仅技术成熟，研发速度很快，而且与主机厂同步甚至超前研发，达到有求必应、用户想到我做到的境界。不少大的轴承企业在进行市场调研时，并不局限于市场对轴承产品的数量、品种、质量、性能及寿命等的需求，还广泛调研轴承配套主机（如汽车、电机等）的数量、品种、质量、性能及寿命等的潜在需求。超前预测，超前准备，在主机企业研发新产品之初，就能提出雏形方案。让主机用户乐意吸纳轴承企业，一起研发、试制与改进，真正达到同步进行，默契配合。这样，自然拉近了轴承企业与用户的距离，为齐心协力、联合攻关创造了可能。

由于主动为用户提供得心应手的产品与解决方案，不少轴承企业在世界市场保持着良好的口碑，拥有稳定的客户，还享受到客户主动推介的外在效应之惠，故市场不断扩展，新的领域日益拓宽，新型产品纷纷涌现，轴承技术日新月异。资料表明，当今世界轴承工业在材料学、摩擦学、机械工程学及机电一体化工程学等诸多范畴的技术水平都处在世界前沿。当代轴承的门类十分齐全，品种琳琅

满目，小到外径 2mm 以下，大到外径 40m 之巨。就品种而言，大的轴承企业经常生产的品种数以万计，储备品种更多，每年还有成千上万个品种推出。

4. 节能减排保护环境，欣欣向荣科学发展

世界轴承工业通过自身成长发展的艰辛体会与外界成功经验的启发借鉴，深切地感受到节省能源、保护地球环境的迫切性。积极应对钢材、石油价格暴涨，在日常生产中节省每一滴水、每一滴油、每一吨钢材及每一度电，已成为全行业众多有识之士的共识。一些企业很早就身体力行、率先垂范，在生产中摒弃产生有害气体、有害液体和多余废渣的物质，克服重重困难，采用无碍环境且易于回收重复利用的材料，收集废水、废油经过无害化处理后重新使用，安装太阳能或风力发电机组为自己供电，千方百计减轻地球环境负担等，走在了世界前列。

3.5 跨国轴承集团公司在中国投资发展概况

改革开放以来，我国经济持续快速发展，市场需求空间巨大，吸引了众多国外投资者来华投资，这对提高我国轴承工业技术水平和综合实力起到了积极的促进作用。中国巨大的轴承市场已经引起了世界著名轴承公司的关注，成为跨国公司的必争之地。在我国，轿车轴承，高速、准高速铁路轴承，各种重大设备配套轴承，高精度、高附加值和在特殊工况条件下使用的专用轴承的供应缺口较大，已成为跨国公司进军我国轴承业的主要投资热点。

我国轴承产业与跨国轴承集团的交往大体经历了三个阶段。

第一阶段是学习、引进阶段。20 世纪 80 年代，我国改革开放的春风吹遍祖国大地，在对外开放有关政策的指引下，我国轴承产业开始同世界著名轴承公司进行友好交往，学习国外轴承企业的先进技术，引进国外先进的轴承工艺装备，促进了我国轴承工业的发展。行业重点骨干企业多次组团到国外著名轴承公司参观、考察和研修。日本 NTN 公司、NSK 公司及德国 FAG 公司等曾先后安排我国轴承行业技术人员、管理人员前往调研、考察和研修。我国轴承行业先后从国外引进钢球加压处理技术、钢球光饰技术、套圈超精技术及保护气氛热处理技术等。从日本和德国引进了小型圆锥滚子轴承自动化生产线、精密钢球生产线、小型深沟球轴承自动化生产线、网带式保护气氛热处理生产线及单机设备等。

第二阶段是合作合资阶段。20 世纪 90 年代，我国轴承行业合作合资轴承企业发展很快，至 20 世纪末，我国具有较大规模的合资企业已有数十家，例如烟台铁姆肯轴承有限公司、托林顿（无锡）轴承有限公司、上海通用轴承有限公司、

北京南口斯凯孚铁路轴承有限公司、大连光洋瓦轴汽车轴承有限公司、无锡光洋轴承有限公司、斯凯孚汽车轴承有限公司及昆山虹山恩斯克轴承有限公司等。中外合资企业的建立和发展，在一定程度上缓解了国有企业由于技术落后、管理粗放及资金短缺而导致竞争力弱的问题，从整体上提高了我国轴承工业的综合实力。

第三阶段是独资抢滩阶段。进入 21 世纪以来，我国境内诸多中外合资企业都经历了合资→外资控股→独资经营的演变过程，出现了跨国轴承集团大举抢滩我国轴承市场的局面。近年来，外资进入我国轴承行业的力度、深度、广度和所追求的目标都发生了深刻的变化。目前，世界八大轴承公司都已在我国投资建厂。至今投资势头不减，还在继续加大投资规模，提高生产能力，扩大市场份额。特别是一些公司已将并购对象由一般轴承企业转向行业龙头企业，由普通产品转向高端产品，由合作生产转向品牌收购。

比如 NTN 公司，已于 2011 年 9 月 8 日在南京开工建设“恩梯恩精密机电有限公司”，于 2012 年 11 月投产，总投资额为 10 亿美元，占地面积为 542 亩（约 36 万 m^2），分两期进行，第一期占地面积约 13 万 m^2，第二期占地面积约 23 万 m^2，还有 122 亩预留面积（1 亩 =666.6m^2）。产品面向风力发电设备、建筑机械设备、冶金机械设备和一般产业机械的大中型轴承，包括深沟球轴承、圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、自动调心滚子轴承，尺寸为 100 ～ 4 000mm。其主要产品包括：

风力发电设备轴承：主要生产主轴用 652 ～ 2 500mm 自动调心滚子轴承、双列圆锥滚子轴承，增速机用 600 ～ 1 200mm 圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承，减速机用 300 ～ 400mm 向心推力球轴承，发电机用 250 ～ 350mm 绝缘轴承（MEGAOHM 系列）。

建筑机械设备轴承：主要生产油压装置的行走减速机轴承、旋转减速机轴承、液压泵轴承（包括链轮齿的角接触轴承和圆锥滚子轴承、行星减速机滚针轴承），轮式装载机减速机的车轴轴承、变速器轴承（包括车轴用圆锥滚子轴承和行星减速机用滚针轴承、圆锥滚子轴承）。

冶金机械设备轴承：主要生产连铸设备导辊自动调心滚子轴承、带调心轮圆柱滚子轴承，压延机辊颈用 4 列圆柱滚子轴承、4 列圆锥滚子轴承。

截至现在，NTN 公司已在我国内地建有 8 家工厂，在我国台湾地区建有 3 家工厂。

在我国内地 8 家工厂的所在地为：北京 1 家（生产万向节），上海 3 家（1 家生产轴承和万向节，1 家生产滚珠丝杠，以及上海东培轴承厂），常州 1 家（生产摇臂轴承），广州 1 家（生产万向节），南京辅镇 1 家，以及洛阳与洛轴合资

的工厂，还要动工兴建第 9 家工厂，也是第 6 家轴承生产厂。

目前，世界轴承产业经济规模见表 3-1，跨国轴承公司在我国的销售情况见表 3-2，跨国轴承公司在我国的投资情况见表 3-3。

表 3-1　世界轴承产业经济规模

序号	国家及地区	年销售额 / 亿美元	占比（%）
1	日本	120	25.9
2	德国	110	23.8
3	中国	100．8	21.7
4	瑞典	72	15.6
5	美国	45	9.8
其他	欧洲、亚洲等	15	3.2
合计		462.8	100

表 3-2　跨国轴承公司在我国的销售情况

公司名称	创立年份	从业人员 / 人	销售总额 / 亿美元	在我国的销售额 / 亿元	在我国的投资生产企业数 / 个
斯凯孚（SKF）	1907 年	45 000	83（95）	73	10
舍弗勒（Schaeffler）	1918 年	67 500	75（125）	40	5
铁姆肯（Timken）	1899 年	20 000	30（41）	10	5
恩斯克（NSK）	1916 年	26 000	42（81）	68	8
恩梯恩（NTN）	1918 年		39（61）	19.6	6
捷太格特（JTEKT）	1921 年	33 000	28（109）	10	6
美蓓亚（NMB）	1951 年	48 000	12（31）	10	1

注：“销售总额”一列括号内的数字为全部产品的销售总额，括号外的数字为其轴承产品的销售总额。

表 3-3　跨国轴承公司在我国的投资情况

公司名称	工厂名称	建厂时间	地址	主要产品
SKF（10家工厂）	斯凯孚汽车轴承有限公司	1994 年	上海	汽车轴承
	南口斯凯孚铁路轴承有限公司	1996 年	北京	铁路货车轴承
	大连斯凯孚瓦轴轴承有限公司	1998 年	大连	调心滚子轴承
	斯凯孚（上海）轴承有限公司	2001 年	上海	深沟球轴承
	斯凯孚（大连）轴承与精密技术产品有限公司	2005 年	大连	工业轴承，能源、冶金、矿机、建设机械的中、大型轴承
	斯凯孚集团（天津）轴承有限公司	2006 年	天津	
	斯凯孚精密机械（上海）有限公司	2006 年	上海	
	斯凯孚（上海）汽车技术有限公司	2005 年	上海	高性能精密汽车轴承、汽车电子装置
	斯凯孚（济南）汽车轴承有限公司	2011 年	济南	圆锥滚子轴承、载货汽车轮毂轴承单元
	斯凯孚大连二厂	2011 年	大连	工业轴承，能源、冶金、矿机、建设机械的中型轴承
FAG（5 家工厂）	FAG 汽车轴承有限公司	1996 年	上海	轿车轴承
	太仓一厂	1998 年	太仓	
	宁夏富安捷铁路轴承有限公司	2003 年	银川	铁路货车轴承
	太仓二厂	2007 年	太仓	滚针、汽车轮毂轴承
	太仓三厂（四、五号厂房）	2011 年	太仓	精密轴承、汽车零部件

（续）

公司名称	工厂名称	建厂时间	地址	主要产品
Timken（5家工厂）	烟台铁姆肯轴承有限公司	2001（1996）年	烟台	圆锥滚子轴承
	无锡铁姆肯小型轴承有限公司（湖滨工厂、蠡园工厂）	2004（2003）年	无锡	调心滚子轴承、关节轴承
	铁姆肯无锡大型轴承工厂	2005年	无锡	圆锥滚子轴承、调心滚子轴承、圆柱滚子轴承
	成都铁姆肯轴承有限公司	2006年	成都	航空及精密产品
	铁姆肯湘电风电轴承有限公司	2008年	湘潭	风电轴承（超大型双列圆锥滚子轴承）
NSK（8家工厂）	NSK中国技术中心（CTC）	1997年	昆山	
	昆山恩斯克有限公司	1999年（1995）年	昆山	低噪声球轴承、汽车轮毂轴承
	张家港恩斯克精密机械有限公司	2002年	张家港	轴承套圈
	常熟恩斯克有限公司	2004年	常熟	滚针轴承
	爱克斯精密钢球（杭州）有限公司	2005年	杭州	
	苏州恩斯克轴承有限公司	2007年	苏州	圆锥滚子轴承
	沈阳恩斯克精密机器有限公司	2009年	沈阳	大中型滚子轴承
	合肥恩斯克有限公司	2011年	合肥	轿车轮毂轴承（三代）、数控中心轴承
NTN（6家工厂）	上海东培企业（轴承）有限公司	1999年	上海	精密轴承（包括向心球轴承、圆锥滚子轴承、推力轴承、滚针轴承）
	上海恩梯恩精密机电有限公司	2002年	上海	等速万向节、车轴轴承

（续）

公司名称	工厂名称	建厂时间	地址	主要产品
NTN（6 家工厂）	南京浦镇恩梯恩铁路轴承有限公司	2007 年	南京	铁路客车轴承
	恩梯恩阿爱必（常州）有限公司	2007 年	常州	摇臂轴承
	恩梯恩 -LYC（洛阳）精密轴承有限公司	2010 年	洛阳	二、三代轿车轮毂轴承单元
	南京恩梯恩精密机电有限公司	2011 年	南京	风电、高速铁路、城市轨道、冶金、建设机械用的中、大、特大型轴承
JTEKT（6 家工厂）	光洋轴承（大连）有限公司	2001 年	大连	小型精密球轴承
	光洋六和（佛山）汽车配件有限公司	2004 年	佛山	汽车轴承
	无锡光洋轴承有限公司	1995 年	无锡	微小型轴承
	大连光洋瓦轴汽车轴承有限公司	1996 年	大连	汽车轴承
	光洋汽车配件（无锡）有限公司	2007 年	无锡	汽车变速器轴承、马达轴承
	光洋滚针轴承（无锡）有限公司	2009 年	无锡	滚针轴承
NMB	上海美蓓亚精密机电有限公司	1994 年	上海	微型轴承及轴承相关产品
其他	椿中岛机械公司	2002 年	太仓	精密钢球

3.6 跨国轴承公司为新兴产业配套情况

1. 捷太格特（JTEKT）

JTEKT 将风力发电等能源领域以及冶金、工程机械、农业机械、航空航天等行业客户列为轴承产品、机床产品发展的重点目标，加大力度研发适销对路、各界客户急需乐用的产品，及时满足各界客户的不同需求。在轴承产品方面，研发

出了寿命超长（达到原有使用寿命的 4 倍）的轧钢机轧辊专用轴承，并且扩大了生产能力，并誓夺汽车专用轴承世界冠军，拿下通用机械轴承三大领域（冶金机械、风力发电、工业机床）金牌。

2. 美蓓亚（NMB）

NMB 的主导产品除了拳头产品球轴承以外，主要还有航空航天专用杆端轴承、计算机硬盘驱动器（HDD）枢轴轴承组件等机械零部件，汽车及航空航天专用丝杠、螺栓以及一些军工产品。

3. 不二越(Nachi)

Nachi 生产铁路机车车辆以及海港机械设备等基础设施行业所需的高精尖轴承。

4. 铁姆肯（Timken）

Timken 现可生产包括英制和米制的轴承品种共 3 万余种，它们应用于汽车、宇航、工业、机床、建筑、采矿和铁路等广阔市场。

铁路轴承产品应用于铁路机车、客车和货车。2001 年，Timken 公司调整了全球铁路轴承的生产，提高了高速铁路轴承的技术水平，使用 Trac Glide 润滑系统，显著降低铁路机车的燃油耗量。

航空轴承和超精密轴承产品应用领域为航空发动机、飞机起落架、火箭制导系统、计算机外围设备、医疗器械、机器人及半导体工业。2001 年开发军用直升机发动机和齿轮箱轴承市场，引入半导体工业机器人的新轴承，开发了牙科器械轴承在美国和欧洲的销售市场。

2006 年，Timken 公司在我国成都投资 1.19 亿元建立了一家航空精密产品中心，初期有约 200 名员工在此从事航空产品的生产制造。该中心的业务包括一系列航空轴承和其他精密产品的销售、工程支持和客户服务。已获中国民航 CAAC 认证。

2007 年 12 月 10 日，Timken 公司与湘潭电机股份有限公司达成协议，在中国建立一家风电轴承生产企业，生产兆瓦级直驱型风力发电机的传动主轴用特大型轴承。合资企业投资 3 800 万美元，雇用员工 110 多名，新工厂于 2010 年 5 月初交付了首批轴承产品。

Timken 生产从高速陶瓷轴承到带座轴承的各种类型轴承，从内径 3.175mm 到外径 4.267m，它们适用于高转速、高温度、高载荷及高强度的工业、国防和高科技领域。该公司的滚动轴承在世界上享有良好的声誉。

5. 斯凯孚（SKF）

SKF 主要生产各类轴承、密封件及轴承用特种钢，其产量和年销售额均占全世界轴承总产量和市场份额的 20% 以上。SKF 的产品广泛应用于汽车、通用机械、航天航空及电气工业等，遍及高速列车、铁路机车车辆、汽车、飞机、轮船、钻井平台、卫星、天文望远镜、照相机，以及冰箱、洗衣机、吸尘器等各类白色家用电器。

SKF 为新兴产业开发的配套轴承如下：

（1）新一代超精密轴承　精确度进一步提高，寿命延长，应用于机床等。

（2）一体化密封轴承　装卸容易，减少维护，降低成本，用于重型载货汽车。

（3）涡轮增压器球轴承单元　一种增强型、定制的双排超精密球轴承单元，比目前常用的滑动轴承更加节省燃油，减少二氧化碳排放。该轴承单元还可用于压气机、废热回收叶轮机及涡轮混合机等。

（4）摇杆轴承单元　用于双轮摩托车发动机，节省燃油，减少振动和噪声。

（5）带传感器的转子定位轴承单元　在电动驾驶系统中用于电动机控制。

在航空业务方面，面向固定翼飞行器、直升机、喷气发动机的轴承和部件，以及“靠导线飞行”装置的生产和销售。

SKF 应用于直升机节距连杆的 XLNT 陶瓷轴承在欧洲大获成功，在北美洲也得到认可，SKF 与美国政府签订了价值 220 万美元的供货合同，供货时间至 2012 年。与目前所用的轴承相比，陶瓷轴承的寿命延长了 10 倍。

SKF 与航空发动机生产厂合作。它与美国南卡罗来纳州 GE 航空公司的合资公司提交了轴承产品，在意大利 VillarPerosa 生产航空发动机齿轮箱轴承，在法国 Vzlenciennes 的航空发动机轴承厂扩大了生产。

在铁路业务方面，世界铁路工业中的客车市场依旧良好。由于现有的铁路设施需要更新换代，在城际铁路、高速铁路、地下铁路方面有着很高的研发和生产水平。

2009 年，SKF 与中国南车集团株洲电力机车公司签订了价值 1 400 万欧元的合同，供应轴箱轴承和驱动系统轴承。

在能源工业方面，我国的风电工业正在迅速扩张。SKF 与我国华锐风电科技（集团）有限公司的合作始于 2008 年上海东海大桥的海上风力发电项目。这是我国第一个海上风电项目，也是亚洲最大的风电项目。第一批安装的 3MW 风力发电机组已于 2009 年 9 月并网发电，在 2010 年 5 月上海世博会开幕时，所有 34

台 3MW 风力发电机组也都并网发电，每年上网电量为 2.6 亿 kW·h，相当于 25 万个中国家庭的日耗电量。SKF 与华锐风电科技（集团）有限公司签订了一系列供货合同，供应风力发电机主轴轴承和密封系统，供货的轴承由 SKF 大连工厂生产。SKF 还将为该公司提供连锁服务、系统优化、员工培训和发展、工程研发和设计及资源管理等。这些合同的总价值超过 3 亿瑞典克朗。

SKF 的磁力轴承和制动器应用于石油和天然气工业，它们的业务正在增长。SKF 在 2007 年并购了法国 S2M 公司之后，成为了磁力轴承的领先供应者。磁力轴承在高速电动机应用方面技术能效比传统的更高，可以应用于制冷压缩机和空气离心机压缩机。SKF 已与领先的制冷空调生产者 JohnsonControls 公司签订协议，把磁力轴承与高速电动机技术应用到商业市场中。

在小轿车方面，SKF 推出了能效新方案。小轿车生产厂采用 SKF 的能效轴承、密封件、模拟软件，可以优化汽车的动力结构，减少二氧化碳排放。

2005 年，SKF 在上海嘉定投资设立工厂，生产第三代汽车轴承、线驱产品、自动张紧器等相关产品。

自 2000 年以来，随着我国经济的高速增长，汽车、铁路、冶金及矿山等市场的不断扩大，SKF 目前在我国的合资企业生产状况都较好，并准备进一步扩大在我国的投资规模。有资料报道，SKF 表示将进一步扩大在大连的投资规模，拟在大连建设世界轴承基地。

6. 恩梯恩（NTN）

NTN 与日本日电产公司合资在浙江平湖经济开发区建厂，生产计算机硬驱（HDD）电动机用粉末冶金“流体动压轴承单元”，以适应新一代计算机的急切需要。

7. 舍弗勒(Schaeffler)

FAG 是当今世界上最大、历史最悠久的轴承制造厂之一，于 1883 年在德国施威因福特市（以下简称施城）创立，现是 Schaeffler 旗下的公司。

施城是世界著名的轴承制造工业城，在施城有世界上最大的轴承企业 SKF 的子公司和 FAG 的总厂。施城的轴承产量已占德国轴承总产量的 52% 以上，集中了汽车、航空、坦克、装甲车、军用车辆和民用轴承生产，在德国占有十分重要的地位。在第二次世界大战期间，施城 FAG 成为盟军首要打击的军事工业目标，据不完全统计，盟军投向德国施城和柏林等轴承厂的炸弹为 12 382t，使施城 FAG 的轴承工厂几乎被炸毁。连德军首脑戈培尔也承认：“德军的飞机、坦克及军需工业因施城挨炸已完全处于停止状态，这是迫使德国战败的重要原因之一。”由

此可见，FAG 在德国的历史地位。

现在的 FAG 是在第二次世界大战施城 FAG 废墟上奇迹般重新发展起来的，已成为世界八大轴承公司之一。发展到 2005 年，FAG 在全世界已有 25 家制造厂，员工 18 000 人。它主要生产机械工业、航空和汽车用高精密滚动轴承，产品涉及汽车工业、航空航天、铁路交通及机器制造业等，包括用于轿车轮毂的传感器轴承，用于喷气发动机和机床的高精密轴承，以及用于风力发电机和轧钢机的轴承。

第 4 章

我国轴承产业发展的环境分析

4.1 机遇

1. 新一轮世界经济结构调整提供了发展契机

国际经验表明，每一次大的危机，都是世界经济的大“洗牌”，都是新兴国家崛起的历史契机。在这次国际金融危机的冲击和影响下，国际国内宏观经济形势正在发生深刻变化，世界经济结构的新一轮调整正在加速进行。经过这场全球经济动荡，国际国内的轴承市场结构、竞争结构，轴承企业的市场地位、竞争地位也会重新“洗牌”。这里，充满挑战和机遇。在国际金融危机冲击下，西方发达国家一些轴承企业要进行战略性调整，这为我国轴承企业拓展市场空间、整合利用国际技术和人才资源提供了契机，为我国轴承企业快速追赶，缩短差距，甚至后来居上，提供了机会。我国轴承业界要有清醒的判断：只要把握得当，机遇大于挑战。我们应该以前瞻性的思维，以进取的姿态，发现机遇，利用机遇，积极参与国际轴承产业新一轮的结构调整，着力提升我国轴承产业的自主创新能力和制造技术水平，进入轴承制造的高端和核心技术领域，增强我国轴承企业的国际竞争力，力争在国际分工中占据主动地位和更大市场份额。

2. 党和国家对轴承工业高度重视

2010 年 7 月，胡锦涛总书记在视察洛阳 LYC 轴承有限公司（简称洛轴）时指示：要深化企业改革，一靠机制，二靠创新，努力做到人无我有、人有我精，把新洛轴工程建成世界一流的轴承研发生产基地。2009 年 9 月，温家宝总理在视察瓦轴集团时指出：轴承行业是为国家重大装备和精密装备制造业配套的重要行业，而国家重大装备又是我们攻关的重点。现在世界上重大装备竞争十分激烈。重大装备有许多核心件，轴承就是一个。胡锦涛总书记、温家宝总理对轴承工业在装备制造业中的重要地位和作用的充分肯定，对做强做大轴承工业的殷切期望，更增强了我们加快建设世界轴承强国，做强做大装备制造业的决心和信心。

国发 [2005]44 号文《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006 — 2020 年）》中明确提出：“重点研究开发重大装备所需的关键基础件和通用部件的设计、制造和批量生产的关键技术，开发大型及特殊零部件成形及加工技术、通用零部件设计制造技术和高精度检测仪器。”“十一五”国家科技支撑计划设立“关键基

础件和通用部件”专项。国发 [2006]8 号文《国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见》中提出要带动配套及零部件生产的中小企业向“专、精、特”方向发展，有计划、有重点地研究开发重大技术装备所需的关键共性制造技术、关键原材料及零部件，逐步提高装备的自主制造比例。国务院《装备制造业调整和振兴规划》提出“坚持发展整机与提高基础配套水平相结合”的基本原则和“基础件制造水平得到提高，通用零部件基本满足国内市场需求，关键自动化测控部件填补国内空白，特种原材料实现重点突破”的发展目标，明确产业调整和振兴的重点之一是提升大型铸锻件、基础部件、加工辅具和特种原材料四大配套产品的制造水平，夯实产业发展基础，并针对大型铸锻件、基础部件、加工辅具及特种原材料四大配套产品提出了发展重点方向。

为落实《装备制造业调整和振兴规划》，2010 年 10 月 11 日，工业和信息化部印发《机械基础零部件产业振兴实施方案》，提出要“突破一批基础零部件制造关键技术，产品技术水平达到 21 世纪初国际先进水平；研发一批关键基础零部件，掌握一批拥有自主知识产权的核心技术，重大装备基础零部件配套能力提高到 70% 以上；调整产业和产品结构，发展一批高附加值产品，培育一批具有国际竞争力的专业化强的基础零部件企业及知名品牌；加大技术改造支持力度，着重加强工艺装备及检测能力建设，创建若干行业技术服务平台，完善技术创新体系，夯实技术创新基础。”

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十二个五年规划的建议》中明确提出要“提高基础工艺、基础材料、基础元器件研发和系统集成水平”。这充分体现了机械基础零部件、关键材料及基础制造工艺在提升制造业过程中的重要作用。中国工程院在《中国制造业可持续发展战略研究》《装备制造业自主创新战略研究》报告中也多次向国家相关部门建议加强零部件、元器件、中间件、关键特种材料等产业的发展。

党和国家对包括轴承在内的基础零部件的高度重视，既赋予轴承行业为振兴装备制造业作贡献的历史使命，又为轴承行业提供了全面提升产业竞争力，加快建设轴承强国步伐的契机。在这样的背景下，我国轴承行业应发挥主观能动性，积极主动地继续围绕为重大技术装备配套这一主题，不断推进自主创新能力的提高和产业结构的升级，为加快振兴我国装备制造业，大规模开展重大技术装备配套轴承自主化工作，为推进装备制造业由大到强的转变作出重要贡献，以不辜负党和国家对轴承行业的重视和期望。

4.2 挑战

1. 宏观经济形势存在不确定因素

世界经济尤其是我国经济积极向好，这是总的趋势。但是，世界经济复苏将是漫长而曲折的过程。外需萎缩对我国轴承出口的不利影响短期内难有根本改观。外需缺口短期内难以靠扩大内需来弥补。我国内需增长主要靠国家出台的对汽车、家电和农机的扶持政策的拉动，经济回升的基础还不稳定、不巩固及不平衡。旧的矛盾尚未解决，新的矛盾又开始积累，内外经济环境严峻而复杂，不可预见的因素较多，对此我们要有清醒的认识，切不可掉以轻心，盲目乐观。对宏观经济形势，我们要密切跟踪，充分准备，提高应变能力。

2. 国际贸易环境恶化

在全球经济萎缩的情况下，各国就业压力增大，贸易保护主义势头加剧，提高关税、滥用反倾销等救济措施，各种贸易摩擦急剧增多。同时，全球资金流动性紧缺的缓和尚待时日，各国贸易融资条件普遍恶化，国外经销商资金压力加大，势必采取减库存、压订单等方式来规避风险，我国轴承出口量波动在所难免。出口回暖将是一个缓慢的过程。

3. 国际轴承产业架构形成的竞争压力

国际轴承产业经过激烈的市场竞争，优胜劣汰，兼并重组。10 多年前，已形成了八大跨国公司占主导地位的格局，其市场占有率达到 80% 以上。近 10 年来，经过进一步的兼并重组，八大跨国公司巩固了这一产业布局。近来，欧美国家经过反思认识到“去工业化”造成经济失衡是引发金融危机的重要原因，可见后危机时代的“再工业化”已势在必行，包括轴承产业在内的制造业虽然受到金融危机的巨大冲击，但都在酝酿着复苏后的大发展。我国轴承行业将长期处在这种国际轴承产业架构的外部环境中，承受着巨大的竞争压力。世界八大轴承公司近年经营情况见表 4-1。

表 4-1 世界八大轴承公司近年经营情况

（单位：亿美元）

所属国家	公司名称	经营业绩	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
瑞典	斯凯孚（SKF）	主营收入	75.75	81.62	85.50	88.07	78.10	95.00
		轴承收入	67.00	72.00	75.00	77.25	68.50	83.33

（续）

所属国家	公司名称	经营业绩	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
德国	舍弗勒（Schaeffler）	主营收入	109.00	117.35	120.00	125.71	101.84	124.80
		轴承收入	65.00	70.00	72.00	75.43	61.10	74.88
日本	日本精工（NSK）	主营收入	54.05	49.23	77.20	84.61	62.87	81.13
		轴承收入	35.92	36.45	39.78	43.60	32.40	41.81
美国	铁姆肯（Timken）	主营收入	48.23	49.23	52.36	56.64	31.40	41.00
		轴承收入	35.85	36.45	37.89	40.99	24.69	29.67
日本	恩梯恩（NTN）	主营收入	37.39	41.61	53.20	71.24	48.44	60.53
		轴承收入	23.80	26.11	33.85	45.33	30.82	38.52
日本	捷太格特（JTEKT）	主营收入	61.66	86.85	115.76	127.14	82.36	109.11
		轴承收入	24.00	26.00	30.00	32.95	21.34	28.28
日本	美蓓亚（NMB）	主营收入	27.35	28.14	33.44	33.40	24.44	30.74
		轴承收入	11.04	11.70	12.95	12.93	10.15	11.90
日本	不二越（Nachi）	主营收入	15.14	15.87	19.36	22.45	11.51	15.39
		轴承收入	5.15	5.40	6.76	7.48	4.83	5.12
合计		主营收入	428.57	469.90	556.82	609.26	440.96	557.70
		轴承收入	267.76	284.11	308.23	335.96	253.83	313.51

注：表中部分数据为根据有关资料的估计数据。

4. 后金融危机时代竞争压力加大

工业发达国家出于其资源和市场优化配置的需要，正力图将中国由“世界工厂”转化为“世界市场”。尽管受到金融危机的冲击，各大跨国轴承公司仍加大对华投资力度，产能增量的目标市场定位在中国国内。几家跨国轴承公司都表示

出了要在中国轴承市场拔取头筹的雄心，这就使得国际轴承市场竞争国内化，国内轴承市场竞争国际化的趋向进一步发展。如果我国轴承企业不采取有力的应对措施，努力提高市场竞争力，也许外资在我国的企业会成为我国拉动内需措施的最大受益者。

面对危机，身处困境的跨国轴承公司不仅没有削减研发费用反而加大了投入力度，有的还斥巨资在我国兴建大规模、高水平的研发中心。其意图就是为在后危机时代抢占科技进步和产业发展的制高点，在新一轮的竞争中固守高端市场的已有份额，并进一步挤占我国轴承企业已有的高端市场份额而积蓄力量。如果我国轴承企业不着力自主创新，不加大研发力度，就有被固化在低端轴承市场的危险。

跨国轴承公司不仅力图固守高端市场，而且向中低端市场不断扩张。它们一般采取在我国轴承企业贴牌生产轴承成品，或者从我国轴承企业采购或协作加工锻件、车加工件的方式，扩大其在我国中低端轴承市场的份额，这势必会加剧我国轴承市场的恶性竞争。

跨国轴承公司在我国的企业还加紧实现本土化。员工从我国国内雇用，原材料和零配件从我国国内采购，制造成本大大降低。而我国轴承企业，由于按法律和政策规范运作后，劳动力成本大大提高，而且还将继续提高。如果不通过技术进步和精益管理，提高劳动生产率，提高材料利用率，降低能耗、物耗，则原有的低成本竞争优势将不复存在。

综上所述，在后金融危机时代，我国轴承企业将面临巨大的竞争压力。

第 5 章

我国轴承产业为战略性新兴产业配套的总量需求和市场预测

5.1 “十二五”重点主机配套与维修轴承需求量预测

“十二五”重点主机配套与维修轴承需求量预测见表 5-1。

表 5-1 “十二五”重点主机配套与维修轴承需求量预测

轴承分类名称	2010 年需求量 / 万套	2015 年需求量 / 万套	2015 年价值量（参考）/ 亿元
汽车轴承	171 000	271 500 ～ 299 500	730.0
摩托车轴承	74 700	106 500 ～ 112 000	65.5
轨道交通车辆轴承	180	305	42.7
机床轴承	4 600	1 1804	39.9
农业机械轴承	33 000	48 300	96.0
其中 拖拉机轴承	15 000	26 000	60.3
农用车轴承	11 500	12 600	25.2
工程机械轴承	11 000	22 400	67.2
电工电器设备轴承	61 000	89 200	71.4
石油化工设备轴承	900	1 790	61.9
通用机械轴承	37 800	68 000	54.4
制冷空调设备轴承	22 000	35 000	45.5
重型机械轴承	16 800	25 000	245.0
纺织机械轴承	3 260	4 800	14.4
风电设备轴承	26	34	90.0

5.2 为战略性新兴产业配套的轴承市场分析

1. 汽车轴承（包括新能源汽车轴承）

汽车工业是我国国民经济的支柱产业。汽车工业的发展对液压液力元件、标准紧固件、轴承、密封件等通用机械零部件和专用配件有很强的拉动作用，对钢铁工业、橡胶工业、化学工业及专用电子元器件工业有巨大的促进作用。汽车工业在国民经济发展中有着举足轻重的地位。

我国汽车工业经过 50 多年的发展，已经形成了产品门类基本齐全，具有较大生产规模，能够基本满足国内各类用户需求的工业体系。目前，除超微型轿车外，其余各类汽车我国都能生产。

“十一五”期间，我国汽车工业快速发展，汽车产量从 2005 年的 560 万辆增加到 2010 年的 1 826.47 万辆，年均增长率为 26.67%。

“十二五”期间，汽车工业的发展思路是以科学发展观为统领，坚持开放和自主发展相结合，调整优化产业结构，增强自主创新能力，发展自主品牌产品，提升综合竞争力，迈向汽车工业强国。

“十二五”期间，汽车工业的总体要求是：充分发挥市场配置资源的基础性和宏观调控导向作用，促进内外资等多种经济成分协调发展，加快推进企业兼并重组，打造世界级汽车企业，形成具有国际竞争力的世界知名企业和品牌；开拓城乡市场，构建资源节约型、环境友好型社会汽车市场；掌握核心技术和新技术的发展趋势，支撑和引领世界汽车产品的技术进步，鼓励开发使用节能环保和新能源汽车，推动汽车产业外向型国际化发展，全面提高我国汽车产业的国际竞争力；推进具有我国特色的汽车工业技术标准体系的建设，大力推进信息化与汽车产业的融合，推动现代汽车服务业发展。

“十二五”期间，汽车工业的发展目标包括：总体目标、工业增长目标、结构调整目标、产品出口目标、自主创新目标和循环经济目标，共六大目标。

总体目标：汽车工业保持稳定增长，结构调整取得明显成效，自主创新能力显著增强，自主品牌产品在国内市场占据主导地位，建成世界汽车出口重要基地和出口大国，全面提升在世界汽车工业中的地位。

工业增长目标：汽车年产量达到 2 900 万辆，汽车工业增加值占国内生产总值（GDP）的比例达到 3%。

结构调整目标：集中度进一步提高，行业排名前 5 位的企业所占市场份额的

总和比 2010 年提高 10 个百分点；形成 3 或 4 家年产 400 万辆以上的大型企业（集团）；产品结构进一步优化，不断推进传统汽车燃油经济性标准的提升；各种混合动力乘用车年产量达到乘用车总产量的 10% ～ 15%，插电式混合动力汽车实现商品化；各种纯电动乘用车年产量达到乘用车总产量的 3% ～ 5%；燃料电池汽车小规模示范运行；各类替代燃料汽车在有条件地区全面实现产业化；自主品牌乘用车市场占有率达到 50%，其中自主品牌轿车市场占有率达到 40%；努力实现汽车保有量翻一番，燃油消耗量增加不超过 50% 的目标。

产品出口目标：汽车整车出口占汽车总产量的 10% ～ 15%（含海外生产产品）；摩托车出口占总产量的 40%（含海外生产产品）；汽车零部件出口形成以进入国际汽车配套体系为主的格局。

自主创新目标：在汽车安全技术方面，要在智能化随动前照灯、车辆电子稳定控制、电控悬架、轮胎气压监测、安全预警、自适应巡航、自动避撞及车身总线等技术方面取得突破并实现广泛应用；在环保和节能技术方面，努力解决传统发动机的高效低排问题，新材料和轻量化技术运用的问题，突破发动机结构、燃料燃烧、电子控制和后处理等被国外垄断的技术壁垒；在新能源汽车制造方面，基本形成电动汽车产业化条件，包括形成电池、电机及电控等关键部件产业链，基本建立以能源供给和综合信息服务平台为基础的保障体系，基本建立产品报废回收与循环再利用系统等。

循环经济目标：所有国产及进口汽车综合回收利用率达到 90% 以上，其中材料的再利用率达 80% 以上；发展汽车零部件再制造，形成一定产业规模，产值达到 100 亿元以上，再制造产品占维修备件的 4%。

新能源汽车是汽车产业发展的必然趋势。我国汽车工业将把握历史机遇，实施新能源汽车发展国家战略，掌握世界新能源汽车技术的发展趋势，结合我国实际国情，确定我国新能源汽车发展的战略重点。

我国新能源汽车的发展重点是推进混合动力汽车的产业化，并以混合动力的市场化应用为基础，形成电池和电机的产业链，实现我国汽车的节能减排减碳总目标。先期实现中度混合以下的混合动力汽车产业化，带动电池和电机产业链的建设，逐步实现重度和插电式混合动力汽车的技术突破和产业化。将电池的技术突破作为长期的研发重点，并随着电池技术的进步适时开展各种纯电动汽车产品的研发和推广应用。加快对燃料电池汽车的基础研究，并逐步扩大示范运行范围。

我国新能源汽车产品发展重点如下：

1）混合动力汽车为当前产业化推进重点。微型混合动力乘用车城市工况节油率达到5%以上；轻型混合动力乘用车大批量投放市场，城市工况节油率达15%以上；中重型混合动力乘用车投放市场，城市工况节油率达35%以上；混合动力大客车大批量投放市场，城市工况节油率达30%以上。

2）纯电动汽车为近期科技攻关和研发的重点。基本实现电池关键技术和产业化工程技术的突破，电池总产能达到40亿～60亿A·h，电池性能、寿命及成本基本能满足电动汽车发展需求。

3）加快共性技术攻关，全面掌握机电耦合技术、底盘控制技术，以及有关电控技术。

4）加强燃料电池汽车基础技术的研发和跟踪。

5）加强代用燃料汽车技术的研究及应用。

6）构建关键零部件产业链，实现电池、电机和电控及其关键部件和原材料的产业化。

7）关注标准制定，逐步完善标准体系。

8）重点关注电池回收和再利用。

2010年，我国汽车工业在购置税优惠、以旧换新、汽车下乡及节能惠民产品补贴等多重消费鼓励政策的作用下，汽车产销双双超过1 800万辆，分别达到1 826.47万辆和1 806.19万辆，再次蝉联世界第一。2010年实际产量超过了1 566万辆的预期产量，是汽车工业“十一五”规划产量的两倍。

“十二五”期间，我国汽车工业的发展机遇与制约因素并存。随着居民生活水平的不断提高，对汽车产品特别是乘用车的刚性需求不断增加。同时，由于有关鼓励政策的退出，北京、广州等大城市的限购措施和用车成本的增加，将会对小排量乘用车和自主品牌乘用车的发展产生一定的负面影响。权衡“十二五”期间我国汽车工业发展的软、硬环境，预计2011—2015年，我国汽车工业将保持10%～12%的发展速度，2015年我国汽车产量可达2 900万～3 200万辆，约占世界汽车总产量的30%。在总产量中，乘用车约占80%，商用车约占20%。

2010年，我国汽车保有量约为6 900万辆，若以年报废率10%计算，2015年全国汽车保有量可达12 700万辆；若以年报废率8%计算，2015年全国汽车保有量可达13 600万辆。

由2015年汽车产量和保有量计算得知，2015年我国汽车轴承需求量为27亿～30亿套。2010—2015年我国汽车轴承需求量见表5-2。

表 5-2　2010 — 2015 年我国汽车轴承需求量

年份	汽车产量 / 万辆	汽车保有量 / 万辆	轴承需求量 / 亿套	备注
2010	1 826	6 900 ～ 7 100	17.10	2011 — 2015 年汽车产量按年均增长率为 10% ～ 12% 计算
2011	2 000 ～ 2 050	8 000 ～ 8 300	18.72 ～ 19.20	
2012	2 210 ～ 2 290	9 000 ～ 9 500	20.68 ～ 21.40	
2013	2 430 ～ 2 560	10 200 ～ 10 800	22.70 ～ 24.00	
2014	2 670 ～ 2 870	11 400 ～ 12 200	25.00 ～ 26.85	
2015	2 900 ～ 3 200	12 700 ～ 13 600	27.15 ～ 29.95	

“十五”期间，我国所需汽车轴承的主要品种有前后轮毂轴承、水泵轴连轴承、离合器分离轴承、空调压缩机轴承、张紧轮轴承、发电机轴承、起动机轴承、风扇轴承、变速器轴承、主传动轴承、差速器轴承及转向系统轴承等。用量较大的轴承是圆锥滚子轴承、滚针轴承、深沟球轴承和圆柱滚子轴承。汽车轴承总需求中，需求重点是轿车轴承，需求亮点是新能源汽车轴承。新能源汽车是汽车产业发展的必然趋势。到 2015 年，我国生产的各种混合动力乘用车要占其总量的 10% ～ 15%；纯电动汽车、燃气汽车、燃料电池汽车、生物乙醇汽车等新能源汽车已开始前期的基础技术研发设计和攻关，汽车行业已经制定了实施新能源汽车的发展战略。新能源汽车有着美好的发展前景。汽车轴承生产企业要认真做好新能源汽车轴承的市场调研工作，与汽车生产企业联手做好新能源汽车轴承的研发和产业化工作，使新能源汽车轴承成为轴承工业的又一亮点。

2. 机床轴承（包括高档数控机床轴承）

机床工具工业也称母机工业，属国民经济的基础装备产业。机床工具工业包括金属切削机床、锻压机械、铸造机械、木工机床、量具刃具、磨料磨具、机床附件及机床电器等小行业。

“十一五”期间，我国机床工业得到较快发展，2009 年我国金属加工机床产值已经由 2007 年、2008 年的世界第三位上升为世界第一位。2007 — 2010 年世界机床产值前 10 名的生产国家或地区见表 5-3。

表 5-3　2007 — 2010 年世界机床产值前 10 名的生产国家或地区

（单位：百万美元）

序号	2007 年		2008 年		2009 年		2010 年	
	国家或地区	产值	国家或地区	产值	国家或地区	产值	国家或地区	产值
1	日本	14 323.2	德国	15 680.2	中国	15 300	中国	20 910
2	德国	12 922.6	日本	15 566.5	德国	10 428.8	日本	11 841.7
3	中国	10 750	中国	14 220	日本	7 095.1	德国	9 749.9
4	意大利	9 999.2	意大利	7 831.3	意大利	5 239.4	意大利	5 166.4
5	中国台湾	4 492	中国台湾	4 807.1	韩国	2 665	韩国	4 498
6	韩国	4 550	韩国	4 372	中国台湾	2 419.4	中国台湾	3 803.3
7	美国	3 246.9	瑞士	4 013.4	美国	2 324.4	瑞士	2 185.4
8	瑞士	3 514.7	美国	3 938.5	瑞士	2 118.4	美国	2 026.2
9	西班牙	1 433.3	西班牙	1 544.8	西班牙	1 060.3	奥地利	908.9
10	巴西	1 157.8	奥地利	1 227.3	奥地利	857.3	西班牙	812
前 10 合计		66 389.7	前 10 合计	73 201.1	前 10 合计	49 508.1	前 10 合计	61 901.8
世界总产值		73 400	世界总产值	81 600	世界总产值	55 490	世界总产值	66 300

2008 年我国金属加工机床进口用汇 75.9 亿美元，同样位居世界第一。进口机床品种多为高档数控机床和加工中心等高精度、高附加值产品。2008 年我国金属加工机床出口 21.1 亿美元，位居世界第六。我国金属加工机床主要企业有沈阳机床（集团）有限责任公司、大连机床集团有限责任公司、齐二机床集团有限公司、秦川机床工具集团有限公司、北京第一机床厂及齐重数控装备股份有限公司等。其中沈阳机床、大连机床 2008 年位居世界十大金属加工机床公司的第 7 位和第 9 位。2008 年世界金属加工机床产销值前 10 名公司及占比情况见表 5-4。

表 5-4　2008 年世界金属加工机床产销值前 10 名公司及占比情况

排名	企业名称	国家	机床销售额 / 百万美元	本国机床产值 / 百万美元	占本国机床产值百分比（%）
1	山崎马扎克	日本	2 525.0	15 846.9	15.90
2	吉特迈（Gildemeister）	德国	2 507.9	15 656.8	16.02
3	通快（Trumpf）	德国	2 148.3	15 656.8	13.72
4	天田	日本	1 899.8	15 846.9	11.99
5	大隈	日本	1 673.7	15 846.9	10.56
6	MAG	美国	1 654.0	3 787.5	41.29
7	沈阳机床	中国	1 626.7	13 963.2	11.65
8	森精机	日本	1 572.0	15 846.9	9.92
9	大连机床	中国	1 525.7	13 963.2	10.93
10	捷太格特	日本	1 525.6	15 846.9	9.63

2010 年我国经济形势总体向好，机床工具主要用户行业的固定资产投资仍保持了两位数增长，我国机床工具行业全年增长 15% 以上，其中金属加工机床行业增长 10%。我国机床工具行业 2005 — 2009 年运行指标见表 5-5。

表 5-5　我国机床工具行业 2005 — 2009 年运行指标

序号	主要指标	单位	年　份			
			2006	2007	2008	2009
1	工业总产值	亿元	1 656.11	2 747.7	3 472.3	4 014.2
2	工业产品销售产值	亿元	1 586.13	2 681.0	3 348.3	3 922.5
3	金属切削机床产量 其中　数控金属切削机床产量	台	562 134 85 756	606 835 123 257	617 306 122 211	580 273 143 904

（续）

序号	主要指标	单位	年份			
			2006	2007	2008	2009
4	金属成形机床产量 其中 数控成形机床产量	台	148 002 2 541	172 766 3 011	143 090 7 975	218 867 9 315
5	重点企业机床产值数控化率（%） 其中 金属切削机床产值数控化率（%） 成形机床产值数控化率（%）		37.0 37.8 36.0	43.0 43.7 42.2	48.6 49.9 41.6	52.0 53.2 46.1
6	金属加工机床产值	亿美元	70.6	107.5	142.2	153.0
7	机床工具进口额总计	亿美元	111.36	117.7	122.92	97.03
8	金属加工机床进口额	亿美元	72.43	70.72	5.9	59.0
9	机床工具出口额总计	亿美元	38.18	52.0	71.3	47.42
10	金属加工机床出口额	亿美元	11.86	16.51	21.1	14.1
11	金属加工机床消费额	亿美元	131.1	161.7	194.4	197.9
12	国产机床产值市场占有率（%）		44.8	56.3	61.0	70.1
13	国产数控机床产值市场占有率（%）		35.0	40.0	50.0	62

注：金属加工机床的相关指标基础数据来自美国卡德纳公司的统计数据，单位采用美元。

机床工具行业在“十二五”期间必然从原来的数量增长模式转变到质的提升的轨道上，机床需求量增长不会很大，但需求的档次、水平和质量会有较大的提高，特别是中、高档数控机床等先进产品将成为市场需求的主体。据此预计，在2010—2015年期间，我国机床工具行业的工业总产值、金属加工机床产值和金属加工机床出口额的年均增长率在15%左右，2015年将分别达到9 200亿元、340亿美元和33亿美元；金属加工机床进口额年均增长7%，2015年达到90亿美元，进口国内尚不能制造的高档、特种数控机床、工具等；重点企业机

床产值数控化率、国产机床产值市场占有率和国产数控机床产值市场占有率预计在 2015 年分别达到 75%、85% 和 80%。我国机床工具行业 2010 — 2015 年主要指标预测值见表 5-6。

表 5-6　我国机床工具行业 2010 — 2015 年主要指标预测值

序号	主要指标	单位	年　份					
			2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	工业总产值	亿元	4 620	5 300	6 100	7 000	8 000	9 200
2	重点企业机床产值数控化率（%）		55	58	62	66	70	75
3	金属加工机床产值	亿美元	175	200	230	260	300	340
4	金属加工机床进口额	亿美元	62	72	76	80	84	90
5	金属加工机床出口额	亿美元	16	18	21	24	28	33
6	金属加工机床消费额	亿美元	221	254	285	316	356	397
7	国产机床产值市场占有率（%）		72	74	76	79	82	85
8	国产数控机床产值市场占有率（%）		65	68	71	74	77	80

注：金属加工机床的相关指标基础数据来自美国卡德纳公司的统计数据，单位采用美元。

2011 — 2015 年期间，我国机床工具制造业将进行整体的变革创新，中高档数控机床、先进工具和产品的全生命周期服务等软、硬件产品将逐渐上升为机床工具制造业供给市场的主体。其中，涉及行业前瞻性和国家战略安全的先进技术产品包括：五轴联动加工技术、复合加工技术及产品，亚微米级、纳米级精密加工超精加工技术和加工设备，智能化技术和智能型机床，机器人与机床主机的柔性化组合多样方式及应用，高档数控和伺服驱动系统，高档数控刀具、测量仪器和功能部件，在产品的生命周期对用户的服务等软硬件产品，绿色制造技术及其产品。

2015 年我国金属切削机床产量将从 2009 年的 58.03 万台提高到 128.96 万台，其中数控机床为 36.5 万台，金属成形机床从 2009 年的 21.89 万台增加至 52.88

万台，铸造设备从2010年的2.85万台增加到5.8万台。2015年金属加工机床配套与维修轴承需求量预计达到1.18亿套，其中金属切削机床用轴承1.05亿套，占89.00%。需求重点是机床主轴精密轴承。机床工具行业“十二五”期间金属加工机床配套与维修轴承需求量见表5-7。

表5-7　机床工具行业“十二五”期间金属加工机床配套与维修轴承需求量

机床分类	2009年	2010年	2015年	2015年轴承需求量/万套
金属切削机床/万台	58.03	75.58	128.96	10 488
其中数控机床/万台	14.39	22.39	36.50	3 300
金属成形机床/万台	21.89	26.18	52.88	1 180
铸造设备/万台		2.85	5.80	136
合计				15 104

3. 轨道交通车辆轴承（包括高速动车组轴承）

轨道交通车辆包括铁路客车、铁路货车、铁路机车、动车组、地铁车辆和城市轻轨车辆等。铁路机车主要指内燃机车和电力机车。

“十一五”期间，我国铁路投资达到1.5万亿元，建设新线17 000km，建设既有线复线8 000km，既有线电气化改造15 000km。2010年全国铁路营业里程达到9万km以上，复线、电气化率均达到45%以上，快速客运网总规模达2万km以上。到2012年全国铁路营业里程将达到12万km以上，复线率和电气化率分别达到50%和60%以上。为满足快速增长的旅客运输需求，建立省会城市及大中城市间的快速客运通道，规划“四纵四横”等客运专线以及经济发达和人口稠密地区城际客运系统，建设客运专线1.6万km以上。以扩大西部路网规模为主，形成西部铁路网骨架，完善中东部铁路网结构，提高对地区经济发展的适应能力，规划建设新线约4.1万km。加强既有路网技术改造和枢纽建设，提高路网既有通道能力。规划既有线增建二线1.9万km，既有线电气化2.5万km。此外，全国有55个大、中城市规划城市轨道交通建设，为轨道交通装备产业提供了广阔的发展空间。

在客运领域，随着客运专线的建设和铁路快速客运网的逐步形成，未来客车

产品结构将逐步发生变化：传统客车由于不适应客运专线的运行，年均需求量将逐步下降；除高速动车组运输方式外，时速 200km 的机车牵引客车的运输方式也将出现，对时速 200km 的客车需求也将进入导入期。

在货车领域，预计未来几年，铁路货车保有量将持续增加，平均每年可增加 2 万辆左右。铁路货车市场将以重载、快速及专业为主要发展方向，货车产品的单位附加值和单位产品销售收入也将相应提高。我国主要干线将逐步实现客货分线，货车将实现更新换代，大轴重货车需求量每年将在 35 000 辆以上。快捷货运是世界铁路货运发展方向之一，经济发达城市间开行快速货运列车，形成我国铁路货运快速运输网络的要求日益迫切，预计每年需求量将在 3 000 辆以上。

随着我国客运专线网络的形成，我国货运专线的重载改造也将加速启动。预计到 2020 年，2.4 万 km 客运专线沿线既有原线均将改造成重载铁路。重载铁路一旦开始改造，改造速度和总里程预计将不亚于高铁，将成为轨道交通行业新的产业亮点。

在城轨地铁车辆领域，“十二五”期间，我国的城市轨道交通将继续保持快速发展。目前全国 33 个城市正在筹备建设城市轨道交通，其中 28 个城市的轨道交通建设规划已经获得国务院批复。至 2015 年，我国建成和在建轨道交通线路将达到 158 条，总里程将超过 4 189km。北京、上海、广州等 22 个城市将建设 79 条轨道交通线路，总长 2 259.84km，总投资 8 820.03 亿元。到 2020 年，我国城轨建设规划里程达到 6 262km，投资总额在 2 000 亿元，将使我国成为世界最大的城市轨道交通建设市场。目前国内地铁 A 型车辆多为国外或合资产品，牵引和制动系统多为进口产品，由于地铁 A 型车辆具有载客量大等特点，在客流较大的城市有较好市场前景，预计今后 10 年内年需求量为 1 000 辆。此外，100% 低地板地铁车辆符合城轨地铁产品发展方向，今后年需求量不小于 500 辆。

同时，我国城际轨道交通和客运专线建设也进入高峰期，国内城际客车目前已有 11 个城市开通了总计 490km 的营运里程。到 2015 年，我国还将有 15 个城市新开通约 1 500km 营运里程。到 2020 年，我国将建设城际轨道交通和客运专线约 1.5 万 km，其中各类技术装备的购置和安装费用占 35% ～ 40%。

在机车领域，伴随铁路电气化建设的快速推进，电力机车保有量增速加快。根据相关预测，电力机车将成为未来铁路运输的主要牵引动力，其承担的运输工作量比重将达到 80% 以上。根据《中长期铁路规划》，2012 年，至少需要 7 200kW 和 9 600kW 大功率交流传动电力机车近 7 000 台。按照铁路中长期发展规划，

时速 200km 以上客运专线和城际铁路达 1.3 万 km，需大量 200km/h 速度等级的跨线和大功率交流客运电力机车。到 2015 年，电力机车预计市场需要 600 台，需要 6 000 马力（1 马力＝ 735.499kW）以上大功率内燃机车约 1 000 台。

从长远发展看，我国仍然需要大量的内燃机车。国家大铁路网虽然以电气化为主，但仍然将保留相当规模的用于干线牵引、次级干线牵引及全部调车作业用内燃机车车队；全国许多大型工矿企业铁路也继续采用内燃机车，每年都有相当数量的工矿内燃机车进行补充；各省的地方铁路及合资铁路也将对内燃机车产生一定的需求；此外，我国内燃机车在国际市场上已经占有一定份额，并且还将不断扩展，相信内燃机车的发展空间依然较大。

此外，货车和机车保有量将随着铁路运输的增长而增加，预计到 2020 年，货车保有量将达到 93.3 万辆，机车保有量将达到 3.05 万辆，由此带来的机车修理市场的业务量将随着机车保有量的增加在现有基础上有较大增长。

综上所述，预计 2010 — 2020 年国内轨道交通装备需求为：高速动车组为 5 540 亿元，城际车辆为 2 720 亿元，客车为 550 亿元，货车为 2 780 亿元，城市轨道车辆为 2 660 亿元，机车为 1 560 亿元，配件为 2 200 亿元。维修费用为 5 280 亿元，合计约为 23 290 亿元。未来几年，将是我国铁路运输、城际快客运输、城市地铁和轻轨运输发展的高峰期，我国轨道交通装备制造业在政策的支持和需求的快速增长双重作用下，将迎来一个难得的黄金发展期。

轨道交通车辆轴承是轨道车辆快速安全行驶的重要承载零件，与国家财产与旅客生命安全密切相关，因此要求铁路轴承必须具有很高的可靠性、稳定性和长寿命，特别是目前我国铁路在连续提速的情况下，轴承质量就显得尤其重要。我国铁路轴承的主要生产厂点有瓦轴、洛轴、哈轴、南口斯凯孚、富安捷、成都天马、江苏浦镇、上滚及云南圆正等。普通铁路轴承的生产能力已经大于实际需求，而高可靠性、高稳定性和长寿命的准高速、高速客车轴承，快速重载货车轴承还不能满足市场需求，对进口的依赖性较高，是“十二五”期间技术、质量攻关的重点。

根据轨道交通车辆中长期发展规划目标及发展重点预测，2015 年我国轨道车辆轴承年需求量为 305 万套。其中，铁路货车轴承 190 万套，铁路客车轴承 32 万套，铁路机车轴承 52 万套，地铁及城市轨道车辆轴承 30 万套。产品需求重点是准高速铁路客车轴承、高速动车组轴承、大轴重载货车轴承、城市地铁客车轴承、城际轨道车辆轴承和客运专线车辆轴承。

4. 风电设备轴承

我国风能资源按最新综合调查统计分析，陆上技术可开发量为 6 亿～ 10 亿 kW，海上技术可开发量为 4 亿～ 5 亿 kW。陆上、海上风能技术可开发量总计为 10 亿～ 15 亿 kW。我国风电已开发量还不到技术可开发量的 5%，因而，风电产业的发展潜力还很大。

从 2004 年起，我国风电产业发展迅速，2006 — 2009 年连续四年新增装机容量比上一年翻了一番。新增装机容量和累计装机容量全球排名每年跃升一位，从 2006 年的第 6 位跃升到 2010 年的第 1 位。我国风电产业发展情况见表 5-8；2010 年全球新增和累计装机容量前十名国家分别见表 5-9 和表 5-10。

表 5-8　我国风电产业发展情况

年份	2004 年以前	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
当年新增风电装机容量 / 万 kW		30	50	134.7	330.4	624.6	1 380.3	1 892.8
累计风电装机容量 / 万 kW	45.7	75.7	125.7	260.2	590.6	1 215.2	2 580.5	4 473.3
同比增长率（%）		65.6	66.0	107.0	127.0	106.0	112.4	73.4

表 5-9　2010 年全球新增装机容量前十名国家

国家	新增装机容量 / MW	占比（%）
中国	18 928	48.04
美国	5 115	12.98
印度	2 139	5.43
德国	1 551	3.94
英国	1 522	3.87
西班牙	1 516	3.85
法国	1 186	3.00

（续）

国家	新增装机容量 / MW	占比 (%)
意大利	948	2.41
加拿大	690	1.76
瑞典	604	1.54
其他	5 205	13.21
前十总计	34 199	86.79
全球总计	39 404	100.0

表 5-10　2010 年全球累计装机容量前十名国家

国家	累计装机容量 / MW	占比（%）
中国	44 733	22.64
美国	40 298	20.39
德国	27 191	13.76
西班牙	20 623	10.44
印度	13 065	6.61
法国	5 970	3.02
意大利	5 797	2.94
英国	5 248	2.66
加拿大	4 008	2.03
葡萄牙	3 706	1.88
其他	26 998	13.66
前十总计	170 639	86.34
全球总计	197 637	100.0

2010 年我国风电装机容量增速趋缓，结束了连续四年的翻番，步入了理性发展的阶段。“十二五”期间，我国风电产业将实现由快速发展向健康发展的转型。全球风电产业也将保持适度的增速。

预计 2010 — 2015 年全球风电装机容量平均年增速将保持在 10% ～ 15%，年新增装机容量将从 2010 年的 3 950 万 kW 增加到 2015 年的 8 100 万 kW。累计装机容量将由 2010 年的 19 950 万 kW 增加到 2015 年的 30 000 万 kW 以上，平均每年新增装机容量 2 000 万～ 2 500 万 kW。

我国 2010 年风电装机容量累计 4 473 万 kW。预计 2015 年将达到 13 000 万 kW 以上，平均每年新增 1 500 万～ 2 000 万 kW。

以装用轴承最多的传统的带齿轮箱异步交流发电机机组为例测算的风力发电机组装用轴承量为：偏航轴承 1 套、变桨轴承 3 套、发电机轴承 3 套、主轴轴承 3 套及增速器轴承 16 套，合计 26 套。此外还有驱动减速器轴承未计算在内。

按每年新增装机容量 1 500 万～ 2 000 万 kW，即 15 000 ～ 20 000MW 计算，按平均单机容量 1.5MW 计算，则每年需新增风力发电机 10 000 ～ 13 000 台，需轴承 26 万～ 34 万套，其中特大型四点接触球转盘轴承 40 000 ～ 52 000 套。按每台份轴承销售额为 70 万元，则每年风电轴承总销售额可达 70 亿～ 90 亿元。

第 6 章

我国轴承产业的发展战略和发展目标

6.1 发展战略和指导思想

轴承是国民经济的战略物资，是装备制造业的关键基础件。新中国成立六十多年来，特别是改革开放以来，我国轴承工业持续较快速发展，已成为轴承产量和销售额位居世界第三的轴承生产大国。但是，由于发展方式、产业结构、自主创新和品牌建设等方面存在的矛盾和问题，我国轴承工业大而不强，与世界轴承强国还有很大的差距。21 世纪初，中国轴承工业协会提出的从 2000 年起，经过 3 或 4 个五年规划的努力，把我国建成世界轴承强国的目标，十多年来已成为全行业为之奋斗不息的理想。“十二五”是我国轴承行业发展的关键时期，我们必须发奋图强，以等不起的紧迫感、慢不得的危机感、坐不住的责任感，加快建设世界轴承强国的步伐。

我国轴承产业“十二五”时期发展战略和指导思想是：

深入贯彻落实科学发展观，坚持走新型工业化道路。以加快发展方式转变为主线，着力加强自主创新，着力加强结构调整，着力加强技术改造，着力加强品牌建设，着力加强信息化和工业化的融合，大幅度提高战略性新兴产业和关键领域重大装备配套轴承的自主化率，显著提高轴承产品的可靠性和一致性，加快建设世界轴承强国步伐，为 2020 年建成世界轴承强国打下决定性的坚实基础，为做强做大我国装备制造业作出重大贡献。

6.2 发展目标

6.2.1 发展总量目标

我国轴承产业“十二五”时期发展总量目标见表 6-1。

表 6-1 我国轴承产业“十二五”时期发展总量目标

项　　目	2010 年实际达到	2015 年发展目标	年平均增长率（%）
主营业务收入 / 亿元	1 260	2 220	11.99

（续）

项　　目		2010 年实际达到	2015 年发展目标	年平均增长率（%）
产量 / 亿套		150	280	13.30
工业增加值	工业增加值 / 亿元	360	700	14.22
	工业增加值率（%）	27.7	30	
利润	利润额 / 亿元	65	130	14.87
	销售利润率（%）	5.3	6.0	
全员劳动生产率 /［万元 /（人 • 年）］		11.6	20	14.87
万元工业增加值能耗 / t 标煤		0.64	0.51	－4.6
轴承钢材料利用率		提高 8%		
污染物排放		降低 20%		

6.2.2　结构调整目标

1. 组织结构调整目标

1）培育 5 个年销售额超 50 亿元（其中 2 或 3 家超 100 亿元），具有国际竞争力的大集团企业。

2）培育 5 个年销售额超 200 亿元，具有国际影响力的轴承产业集群。

3）培育 20 个年销售额超 10 亿元的“专、精、特、新”的“小巨人”企业。

4）培育 10 个年销售额超 5 亿元的钢球、滚子、保持架零件，以及锻造、热处理、车辗加工工艺专业化生产基地。

2. 技术结构调整目标

重大装备轴承综合自主化率达 80% 以上。其中，关键领域配套轴承自主化率调整目标见表 6-2。

表 6-2　关键领域配套轴承自主化率调整目标

序号	关键领域配套轴承	自主化率（%）		
		2010 年	2015 年目标	2020 年目标
1	大型清洁高效发电设备	40	80	90
2	特高压输变电设备	—	—	—
3	大型石化设备	50	85	95
4	大型煤化工成套设备	50	85	95
5	大型薄板冷热连轧成套设备及镀涂层加工成套设备	10	70	85
6	大型煤炭井下综合采掘、提升和洗选设备以及大型露天矿设备	50	85	95
7	大型船舶、海洋工程设备	40	80	90
8	轨道交通设备	60	80	90
9	大型环保及资源综合利用设备	50	85	95
10	大型施工机械	10	80	85
11	重大工程自动化控制系统和关键精密测试仪器	40	80	90
12	大型、精密、高速数控设备和数控系统及功能部件	10	70	80
13	新型纺织机械	40	80	90
14	新型、大功率农业装备	50	85	95
15	电子、生物和医药等高技术装备	40	80	90
16	民用飞机及发动机、机载设备	0	试制样品	小批量生产
	综合	40	80	90

6.3 产品发展重点

1. 轨道交通设备轴承

包括时速 200 ～ 350km 的高速铁路客车轴承，新型提速重载铁路货车轴承，大功率交流传动电力 / 内燃机车轴承，新型城市轨道交通轴承和机车绝缘轴承等。

2. 汽车轴承

包括使用寿命 25 万 km 以上的轿车轴承，使用寿命 50 万 km 以上的载重货车轴承，汽车涡轮增压器轴承等。

3. 大型、精密、高速数控设备及功能部件轴承

包括高、中档数控机床和加工中心轴承，列入国家重大科技专项《高档数控机床及基础制造装备》的落地铣镗床主轴轴承，龙门铣镗床铣头 C 轴轴承，重型卧式车床主轴箱轴承，高速、高刚度、大功率电主轴轴承等。

4. 大型清洁高效发电设备轴承

包括 2MW 以上风力发电机组用偏航轴承、变桨轴承、主轴轴承、增速器轴承和发电机轴承，百万千瓦核电站核反应堆用耐腐蚀轴承，核电机组大型压缩机泵用轴承、辅机轴承、应急柴油机轴承，大型水电站起闸机轴承，大型抽水蓄能机组轴承和太阳能发电装置轴承等。

5. 高速高精度冶金轧机轴承

包括大型薄板冷热连轧成套设备及镀涂层加工成套设备轴承，森吉米尔轧机轴承，连铸生产线扇形段轴承，1450、1500、1580、1600、1700、1750、1870、1900、2300 及 4300 等规格冷热连轧和涂镀层生产线轴承，大型板坯连铸机轴承，彩色涂层钢板生产设备轴承，大型高炉风机轴承，以及有色金属高精度轧机轴承，有色金属大断面及复杂截面挤压机轴承等。

6. 大型施工机械轴承

包括大断面土压平衡、泥水平衡和硬岩盾构机主轴承，大型挖掘机轴承，大型压路机轴承，大型工程车辆轴承，道路再生机轴承，大型履带起重机轴承，全路面起重机轴承，架桥机轴承，沥青混凝土搅拌和再生成套设备轴承等。

7. 大飞机配套轴承

包括发动机主轴承、起落架轮毂轴承、传动系统轴承及操纵系统轴承等。

8. 大型石化设备轴承

包括深井、超深井石油钻机轴承，百万吨级大型乙烯成套设备和对二甲苯（PX）、对苯二甲酸（PTA）、聚酯成套设备轴承，大型离心压缩机组轴承，大

型容积式压缩机组轴承，关键泵和低温泵轴承，大型乙烯造粒机轴承，大型空分设备轴承等。

9. 大型煤化工成套设备轴承

包括百万吨甲醇关键设备轴承，年产 60 万 t 煤间接制油关键设备轴承，年产 100 万 t 煤直接液化制油关键设备轴承等。

10. 大型煤炭井下综合采掘、提升和洗选设备及大型露天矿设备轴承

包括大型采煤掘进机掘进头轴承，大型采煤机行星头轴承，多绳摩擦式提升机主轴装置用特大型球面滚子轴承，大型露天矿山牙轮钻机轴承，新型采掘、提升及洗选设备轴承，电牵引采煤机轴承，大型矿用电动轮自卸车轴承，大型露天矿用挖掘机轴承，大型振动筛轴承，井下煤矿巷道悬臂式掘进机轴承等。

11. 大型船舶、海洋工程设备轴承

包括港口机械和大型船舶用特大型回转支承，大型船用柴油机轴承，大型斗轮堆取料机、翻车机、装卸船机等港口机械轴承，第四、第五代半潜式钻井平台钻机、深海钻井平台钻机装用的重负荷、耐腐蚀、长寿命及高可靠性轴承，完全能够满足井深 9 000m 以上陆地和海洋油气钻井工况的超深井石油钻机全部配套轴承等。

12. 大型环保及资源综合利用设备轴承

包括大气治理、城市及工业污水处理、固体废弃物处理等大型环保设备轴承，海水淡化、报废汽车处理等资源综合利用设备轴承，脱硫增压风机轴承，电厂脱硫装置大型循环渣浆泵轴承等。

13. 新型纺织机械轴承

包括日产 200t 以上涤纶短纤维成套设备轴承，高速粘胶长丝连续纺丝机轴承，高效现代化成套棉纺设备轴承，机电一体化剑杆织机和喷气织机等新型成套关键设备轴承，粗细联、细络联及高速织造设备轴承，非织造设备轴承，专用织造成套设备轴承，高效、连续及短流程染整设备轴承等。

14. 新型、大功率农业装备轴承

包括大功率拖拉机轴承，节能环保中型拖拉机轴承，新型半喂入式水稻联合收割机轴承，高效玉米联合收割机轴承，自走式采棉机轴承，免耕播种机轴承等。

15. 电子、生物及医药等高技术装备轴承

包括新一代医疗器械 CT 机、γ 刀主轴轴承等。

16. 国防军工装备轴承

包括新型战机、战车和舰船轴承等。

其中，有许多领域的轴承需要重点组织自主研发攻关，进而实现产业化。需要重点组织自主研发攻关的轴承见表 6-3。

表 6-3　需要重点组织自主研发攻关的轴承

序号	类别	产品	指标	备注
1	轨道交通装备轴承	1. 高速动车组轴承	时速≥ 200km 运行 200 万 km，可靠度 99%	
		2. 重载货车轴承	轴重≥ 25t，时速≥ 120km，使用寿命≥ 160 万 km	
		3. 新型城市轨道交通轴承	时速≥ 100km，使用寿命≥ 80 万 km，可靠度 99%	
2	汽车轴承	1. 第三代轿车轮毂轴承单元	使用寿命≥ 25 万 km	
		2. 第二代重载货车轮毂轴承单元	使用寿命≥ 50 万 km	
		3. 涡轮增压器轴承	转速 10 万 r/min 以上，使用寿命 10 ～ 15 万 km	
3	数控机床轴承	高、中档数控机床轴承	精度 P4、P2，$d_m n$ 值达到 1.5×10^6mm·r/min	
4	风力发电机组轴承	1.5MW 以上风力发电机组主轴轴承、增速器轴承、发电机轴承	使用寿命 20 年，可靠度 99%	
5	冶金轧机轴承	1. 大型薄板冷热连轧线轴承	使用寿命为轧钢 120 万 t，可靠度 99%	
		2. 高速线材轧机轴承	速度达 120m/s	
		3. 森吉米尔轧机轴承	径向跳动＜ 0.005mm，截面高度差：相邻两件＜ 0.002mm，同组＜ 0.005mm	
6	重型机械轴承	1. 盾构机轴承	使用寿命≥ 5 000h，可靠度趋近 100%	
		2. 水泥立磨机轴承	使用寿命≥ 30 000h	

（续）

序号	类别	产品	指标	备注
7	大飞机轴承	发动机主轴轴承、起落架轴承、传动系统轴承、操纵系统轴承等	使用寿命≥ 10 000h *dn* 值达 2.5×10^6mm·r/min	
8	新型纺织机械轴承	化纤设备轴承	精度P4、P2，转速达25 000r/min，连续工作寿命15 000h	

第 7 章

轴承产业提高为战略性新兴产业配套能力的重点项目

7.1 提高为战略性新兴产业配套能力的路线图

7.1.1 战略性新兴产业配套轴承发展目标

战略性新兴产业配套轴承的发展目标见表 7-1。

表 7-1 战略性新兴产业配套轴承的发展目标

时间节点	2015 年	2020 年
发展目标	1. 产业规模 年销售额比 2010 年翻一番，达到 2 000 亿元以上，国际市场份额达到 25% 2. 产业能力 形成 10 个年销售额 50 亿元以上的大型企业集团，5 个年销售额 200 亿元以上的轴承产业集聚区 3. 创新能力 形成完备的自主创新体系。轴研所、中机十院及河南科大的行业技术创新骨干和引领作用有效发挥。依托排头兵企业建成 2 或 3 家国家工程技术研究中心或国家工程研究中心。国家认定的企业技术中心由现在的 5 家发展到 10 家以上。组成若干个产学研用联合的技术创新联盟 轴承基础理论研究取得 1 或 2 项突破。一批核心共性技术的研究和应用取得重大成果 轴承标准体系达到国际领先水平。在国际标准化组织中取得话语权。我国在主持或参与制修订有关轴承的国际标准方面取得突破 取得一批核心技术自主知识产权。具有在有效期内的国家授权专利 5 000 项以上，其中发明专利 1 000 项以上 有 2 或 3 家优势企业的轴承品牌成为世界品牌，与世界八大跨国轴承公司具有同样的知名度和美誉度 产品设计和制造技术，产品实物质量包括精度、性能、寿命和可靠性，特别是可靠性和一致性要达到国际先进水平 重大装备配套轴承的自主化率达到 80% 以上	1. 产业规模 年销售额比 2015 年翻一番，达到 4 000 亿元以上，国际市场份额达到 35% 以上 2. 产业能力 形成 10 个年销售额 100 亿元以上的大型企业集团，5 个年销售额 300 亿元以上的轴承产业集群 3. 创新能力 形成由一个行业共性技术研究中心，5 家国家工程技术研究中心和 20 家国家级企业技术中心构成的行业自主创新体系 形成有中国特色的轴承基础理论体系 在国际轴承标准化组织中取得主导地位 轴承设计和制造技术达到国际领先水平

（续）

时间节点	2015 年	2020 年
重大行动	1. 产业化专项 实施1.5MW以上风力发电机组轴承产业化专项，高档数控机床轴承产业化专项，新一代汽车轴承产业化专项，超深井（12 000m）石油钻机轴承产业化专项 2. 创新能力 组织时速 300km 高速动车组轴承研发攻关，大飞机轴承研发攻关，盾构机主轴承研发攻关，森吉米尔轧机轴承研发攻关	
重大政策	1. 设立“关键基础件技改专项”，支持为重大技术装备配套的基础件企业的重点技术改造项目 2. 设立“关键基础件共性技术研发基金”，支持包括轴承行业在内的基础件行业的共性技术研发和服务平台的建设	

7.1.2 轴承产品体系

战略性新兴产业配套轴承的产品体系见表 7-2。

表 7-2 战略性新兴产业配套轴承的产品体系

序号	产品种类	主要产品	重点发展的高端产品
1	轨道交通设备轴承	包括时速 200 ～ 300km 高速铁路客车轴承，新型提速重载铁路货车轴承，大功率交流传动电力 / 内燃机车轴承，新型城市轨道交通轴承和机车绝缘轴承等	时速 300km 高速动车组轴承，新型城市轨道交通轴承
2	汽车轴承	包括第三代轿车轮毂轴承单元，第二代重载货车轮毂轴承单元，涡轮增压器轴承等	第三代轿车轮毂轴承单元、汽车涡轮增压器轴承
3	大型、精密、高速数控设备及功能部件轴承	包括高、中档数控机床轴承和加工中心轴承，列入国家重大科技专项《高档数控机床与基础制造装备》的落地铣镗床主轴轴承、龙门铣镗床铣头 C 轴轴承、重型卧式车床主轴箱轴承，高速、高刚度、大功率电主轴及高速精密数控机床轴承系列产品	数控机床主轴轴承、工作台轴承，高速电主轴轴承
4	大型清洁高效发电设备轴承	包括 1.5MW 以上风力发电机组偏航轴承、变桨轴承、主轴轴承、增速器轴承和发电机轴承，百万千瓦核电站核反应堆耐腐蚀轴承、核电机组大型压缩机泵用轴承、辅机轴承及应急柴油机轴承，大型水电站起闸机轴承，大型抽水蓄能机组轴承等	1.5MW 以上风力发电机组轴承，核电泵用轴承

（续）

序号	产品种类	主要产品	重点发展的高端产品
5	高速高精度冶金轧机轴承	包括大型薄板冷热连轧成套设备及镀涂层加工成套设备轴承，森吉米尔轧机轴承，1450、1500、1580、1600、1700、1750、1870、1900、2300 及 4300 等规格冷热连轧和涂镀层生产线轴承，高速线材轧机轴承，大型板坯连铸机轴承，彩色涂层钢板生产设备轴承、大型高炉风机轴承及有色金属高精度轧机轴承，有色金属大断面及复杂截面挤压机轴承等	森吉米尔轧机轴承，高速线材轧机轴承
6	大型施工机械轴承	包括大断面土压平衡、泥水平衡和硬岩盾构机主轴承，大型挖掘机轴承，大型压路机轴承，大型工程车辆轴承，道路再生机轴承，大型履带起重机轴承，全路面起重机轴承，架桥机轴承，沥青混凝土搅拌和再生成套设备轴承等	盾构机主轴承，大型履带起重机轴承
7	大飞机配套轴承	包括发动机主轴承，起落架轮毂轴承，传动系统轴承，操纵系统轴承等	大飞机发动机主轴承
8	大型石化设备轴承	包括百万吨级大型乙烯成套设备和对二甲苯（PX）、对苯二甲酸（PTA）、聚酯成套设备轴承，大型离心压缩机组轴承，大型容积式压缩机组轴承,关键泵和低温泵轴承，大型乙烯造粒机轴承，大型空分设备轴承等	大型乙烯造粒机轴承
9	大型煤化工成套设备轴承	包括百万吨甲醇关键设备轴承，年产 60 万 t 煤间接制油关键设备轴承，年产 100 万 t 煤直接液化制油关键设备轴承等	
10	大型煤炭井下综合采掘、提升和洗选设备以及大型露天矿设备轴承	包括大型采煤掘进机掘进头轴承，大型采煤机行星头轴承，多绳摩擦式提升机主轴装置用特大型球面滚子轴承，大型露天矿山牙轮钻机轴承，新型采掘、提升及洗选设备轴承，电牵引采煤机轴承，大型矿用电动轮自卸车轴承，大型露天矿用挖掘机轴承，大型振动筛轴承，井下煤矿巷道悬臂式掘进机轴承等	大型采煤掘进机掘进头轴承，大型振动筛轴承
11	大型船舶、海洋工程设备轴承	包括港口机械和大型船舶用特大型回转支承，大型船用柴油机轴承，大型斗轮堆取料机、翻车机、装卸船机等港口机械轴承，第四、第五代半潜式钻井平台钻机、深海钻井平台钻机装用的重负荷、耐腐蚀、长寿命、高可靠性轴承，完全能够满足井深 9 000m 以上陆地和海洋油气钻井工况的超深井石油钻机全部配套轴承等	12 000m 超深井石油钻机轴承

（续）

序号	产品种类	主要产品	重点发展的高端产品
12	大型环保及资源综合利用设备轴承	包括大气治理、城市及工业污水处理、固体废弃物处理等大型环保设备轴承，海水淡化、报废汽车处理等资源综合利用设备轴承，脱硫增压风机轴承，电厂脱硫装置大型循环渣浆泵轴承等	
13	新型纺织机械轴承	包括日产 200t 以上涤纶短纤维成套设备轴承，高速粘胶长丝连续纺丝机轴承，高效现代化成套棉纺设备轴承，机电一体化剑杆织机和喷气织机等新型成套关键设备轴承，粗细联、细络联及高速织造设备轴承，非织造设备轴承，专用织造成套设备轴承，高效、连续及短流程染整设备轴承等	高速、耐高温、长寿命及高可靠性化纤设备轴承
14	新型、大功率农业装备轴承	包括大功率拖拉机轴承，节能环保中型拖拉机轴承，新型半喂入式水稻联合收割机轴承，高效玉米联合收割机轴承，自走式采棉机轴承，免耕播种机轴承等	
15	电子、生物、医药等高技术装备轴承	包括新一代医疗器械 CT 机、γ 刀主轴轴承等	第三代 CT 机轴承
16	国防军工装备轴承	包括新型战机、战车和舰船轴承等	新一代战机轴承

7.1.3 轴承技术体系

战略性新兴产业配套轴承的技术体系见表 7-3。

表 7-3 战略性新兴产业配套轴承的技术体系

技术分类	主要技术	核心技术
高速轴承技术	高速动车组轴承技术，高速线材轧机轴承技术，数控机床高速主轴轴承和电主轴技术，汽车涡轮增压器轴承技术	高速动车组轴承技术
高精度轴承技术	数控机床主轴和工作台超精密级轴承技术，森吉米尔超精密级轧机轴承技术，第三代 CT 机轴承	数控机床工作台超精密级轴承技术
长寿命轴承技术	1.5MW 以上风力发电机组长寿命轴承技术，核电泵用长寿命轴承技术	1.5MW 以上风力发电机组长寿命轴承技术

（续）

技术分类	主要技术	核心技术
高可靠性轴承技术	大飞机高可靠性轴承技术，盾构机高可靠性轴承技术	大飞机高可靠性轴承技术
高性能轴承技术	静音与超静音轴承技术	静音与超静音轴承技术

7.1.4 产业集聚区建设

战略性新兴产业配套轴承的产业集聚区建设情况见表 7-4。

表 7-4 战略性新兴产业配套轴承的产业集聚区建设情况

序号	集聚区名称	产业特色	主要产品	龙头企业	产值目标
1	辽宁瓦房店轴承产业集聚区	我国最大的轴承产业集聚区，中国机械工业联合会授予“中国轴承之都”称号。现有规模以上轴承企业 258 家，年销售额 232 亿元，规划 2015 年增长到 550 亿元。主导产品为大型、特大型重大装备轴承。集聚区内专业化协作发达，产业链完整	数控机床轴承，铁路客车、货车、机车轴承，风力发电机轴承，冶金轧机轴承，石油钻机轴承，水泥机械轴承等	瓦房店轴承集团有限责任公司，大连冶金轴承股份有限公司，瓦房店冶矿轴承有限公司	轴承总产值 550 亿元。其中，高档数控机床轴承 10 亿元，高速动车组轴承 1 亿元，风力发电机轴承 20 亿元
2	河南洛阳轴承产业集聚区	我国技术积淀最深厚、技术实力最强的轴承产业集聚区。集聚区内有我国轴承行业原来唯一的归口研究院所洛阳轴研科技股份有限公司、工厂设计院中机十院国际工程有限公司，全国唯一设有轴承专业的大学河南科技大学。现有规模以上轴承企业 52 家，年销售额 65 亿元，规划 2015 年发展到 250 亿元。主导产品为中型、大型、特大型重大装备轴承，航空航天轴承，风电设备轴承，铁路客车、货车轴承、汽车轴承等，产品覆盖面广	数控机床轴承和电主轴轴承，航空航天轴承，铁路客车、货车轴承，风力发电机轴承，汽车轴承等	洛阳 LYC 轴承有限公司，洛阳轴研科技股份有限公司	轴承总产值 250 亿元。其中，高档数控机床轴承及电主轴 15 亿元，高速动车组轴承 1 亿元，航空航天轴承 4 亿元风力发电机组轴承 15 亿元
3	浙江浙东轴承产业集聚区	产品以微型、小型深沟球轴承为主。我国最大的出口轴承和出口轴承车、锻件生产基地。规模以上企业 348 家，年销售额 96 亿元，规划 2015 年发展到 250 亿元	汽车轴承、电机轴承，办公用具轴承，电动工具轴承，农机轴承	浙江五洲新春集团，慈兴集团有限公司	轴承总产值 250 亿元

（续）

序号	集聚区名称	产业特色	主要产品	龙头企业	产值目标
4	江苏三角轴承产业集聚区	产品为小型、中型的各种类型轴承。规模以上企业130家，年销售额57亿元，规划2015年发展到200亿元	汽车轴承，纺织机械轴承，家电轴承，冶金机械轴承及各种用途的滚针轴承、关节轴承	常州光洋轴承股份有限公司，常熟长城轴承有限公司，无锡华洋滚动轴承有限公司，江苏迪邦三星轴承有限公司	轴承总产值200亿元

注：为战略性新兴产业研发和生产配套轴承的哈尔滨轴承集团公司、浙江天马轴承股份有限公司不在轴承产业集聚区内。

7.1.5 公共服务平台建设

战略性新兴产业配套轴承的公共服务平台建设情况见表7-5。

表7-5 战略性新兴产业配套轴承的公共服务平台建设情况

序号	平台名称	依托单位	技术方向	服务领域
1	全国轴承行业共性技术研发和服务中心（拟申报组建“中国轴承技术研究中心”）	洛阳轴研科技股份有限公司（原洛阳轴承研究所）	进行轴承行业关键共性技术研发，重点是高速、精密、重载、长寿命和高可靠性轴承的关键技术的研发，为战略性新兴产业和重大装备配套轴承的研发和产业化提供技术支撑	公共服务平台具有开放性、公益性，除了完成本企业的研发任务，要为全行业提供技术服务和技术辐射
2	国家大型轴承工程技术研究中心（已获国家科技部批准组建）	瓦房店轴承集团有限责任公司		
3	国家高速重载轴承工程技术研究中心（正在向国家科技部申报）	洛阳LYC轴承有限公司		
4	国家盾构件（轴承）重点实验室	洛阳轴研科技股份有限公司	盾构机轴承的实验研究	为轴承行业及盾构机相关行业提供技术服务
5	高速铁路客车轴承检测检验试验中心（国家“863计划”项目）	洛阳LYC轴承有限公司	高速铁路客车轴承的检测检验试验	为全行业生产高速铁路客车轴承的企业及应用高速铁路客车轴承的铁路部门提供技术服务

（续）

序号	平台名称	依托单位	技术方向	服务领域
6	风力发电机轴承检测检验试验中心（国家“863 计划”项目）	瓦房店轴承集团有限责任公司	风力发电机轴承检测检验试验	为全行业生产风力发电机组轴承的企业及风电设备企业提供技术服务
7	航空轴承检测检验试验中心	哈尔滨轴承集团公司	航空轴承检测检验试验	为全行业生产航空轴承的企业及航空部门提供技术服务

7.1.6 重点攻关产品

战略性新兴产业配套轴承的重点攻关产品见表 7-6。高速精密数控机床轴承发展路线图如图 7-1 所示，高速动车组轴承发展路线图如图 7-2 所示，大飞机轴承发展路线图如图 7-3 所示，风电机组轴承发展路线图如图 7-4 所示。

表 7-6 战略性新兴产业配套轴承的重点攻关产品

序号	产品名称	主要技术指标	关键技术	服务领域及市场需求预测
1	高档数控机床轴承和高速度、高刚度、大功率电主轴轴承	$d_m n$ 值：轴承 1.5×10^6 mm·r/mim，电主轴轴承 3.0×10^6 mm·r/mim 使用寿命：16 000h 平均无故障时间（MTBF）：单机 4 000h，生产线 3 000h	1. 设计理论包括接触润滑、热特性和高速动力学研究 2. 确保精度保持性的轴承材料的选用和热处理 3. 精密级、超精密级轴承零件，包括套圈、钢球和滚子的加工 4. 精准加工，万能组配 5. 深冷处理 6. 高速运转下的润滑 7. 混合陶瓷和全陶瓷轴承、电主轴轴承的材料制备和加工	服务领域为机床行业数控机床生产厂家 市场年需求量 40 亿元
2	高速动车组轴承	速度：200～350km/h 寿命：200 万 km 使用 100 万 km 可靠度：99%	1. 载荷谱的建立，受力分析 2. 基于弹流理论，有利于形成润滑油膜，避免应力集中的设计技术 3. 高淬透性、耐冲击载荷的轴承钢的研发和应用 4. 精确可控的下贝氏体淬火 5. 高精度轴承套圈、滚子加工 6. 轴承模拟试验技术与装备	服务领域为铁路部门动车组生产厂家 市场年需求量 5 亿元

（续）

序号	产品名称	主要技术指标	关键技术	服务领域及市场需求预测
3	航空航天专用轴承	dn：2.5×10^6mm·r/mim，使用寿命：10 000h（民用大飞机发动机轴承）	1. 高速动力学、热弹流、摩擦磨损等设计理论研究 2. 有限元分析和仿真设计 3. C_{MK}（设备保证能力）> 1.5 的机械加工 4. 耐高低温、耐腐蚀、抗冲击及长寿命的特种轴承材料研发选用，锻造、热处理和机械加工 5. 复杂结构轴承异形零件的加工 6. 高速、高低温状态下的润滑 7. 表面改性处理 8. 轴承定寿规范、定寿程序	服务领域为航空航天部门 市场年需求量 8 亿元
4	风力发电机轴承	使用寿命 20 年（176 000h），可靠度 99%	1. 轴承可靠性设计、制造和试验技术 2. 轴承工况和受力分析、载荷谱的建立 3. 钢材质量控制技术和措施 4. 特大型轴承试验（加载、工况模拟和数据采集等） 5. 减小摩擦、增大耐磨性和防止打滑擦伤的轴承表面改性 6. 以激光相变硬化取代中频感应表面淬火	服务领域为风电设备整机制造企业、增速器和发电机等部件制造企业 市场年需求量 70 亿元

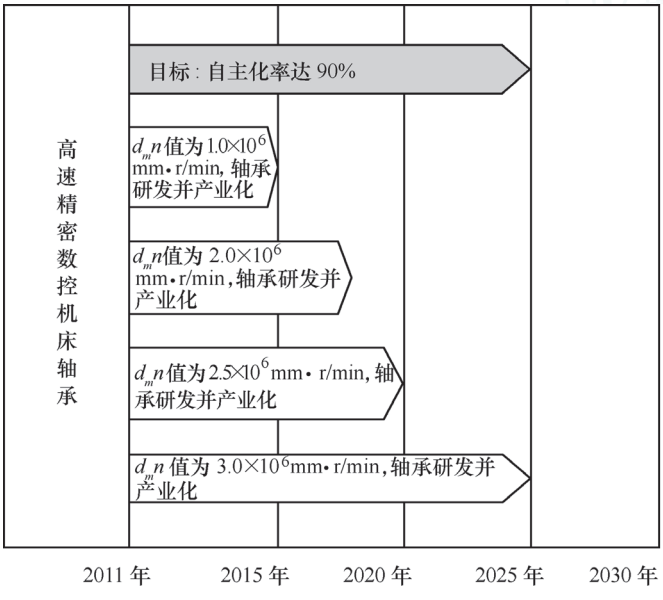


图 7-1　高速精密数控机床轴承发展路线图

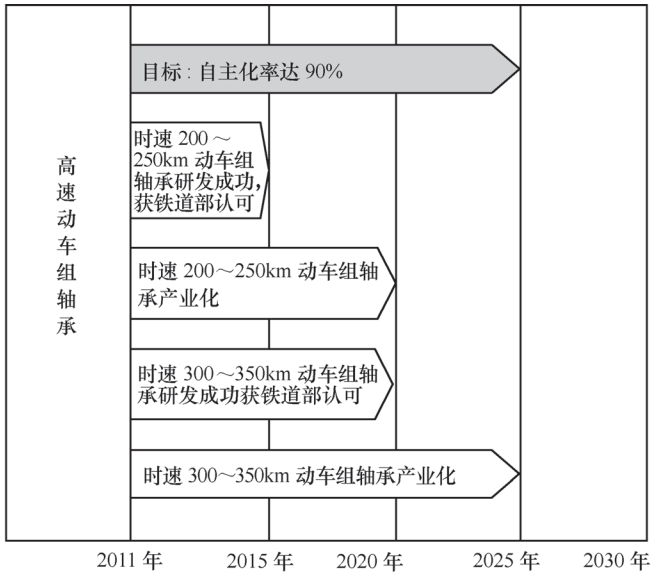


图 7-2　高速动车组轴承发展路线图

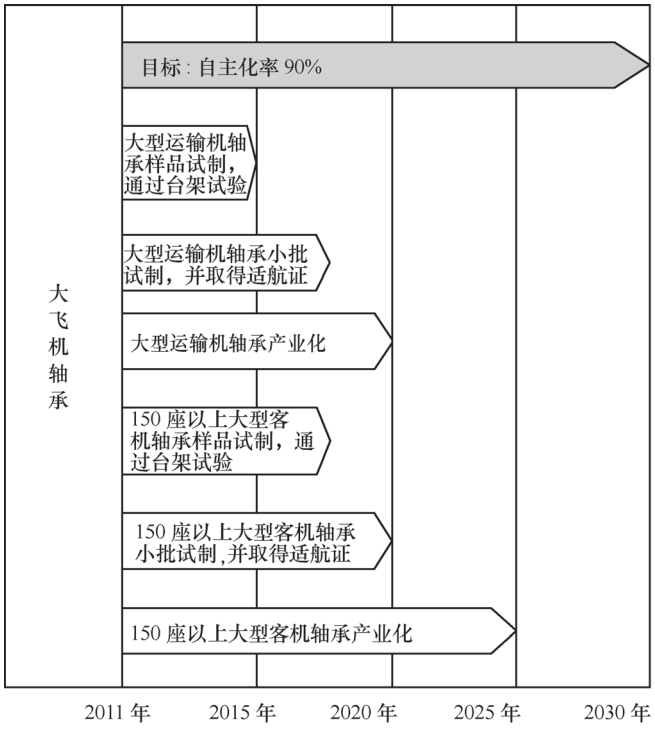


图 7-3　大飞机轴承发展路线图

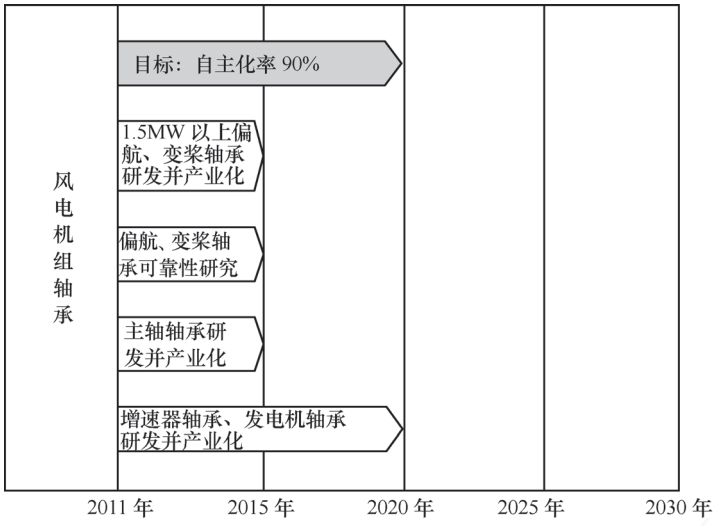


图 7-4　风电机组轴承发展路线图

7.1.7　新一代轴承研发

航空发动机、轨道交通车辆、汽车、数控机床、冶金轧机、石油钻机及风力发电机等装备和主机的主轴承发展为带传感器、具有轴承运行状态远程自动监测、故障自动诊断和报警的轴承单元，进而发展为预紧力和润滑等服役状态自动调控装置的智能轴承单元。智能化集成化轴承发展路线图如图 7-5 所示。

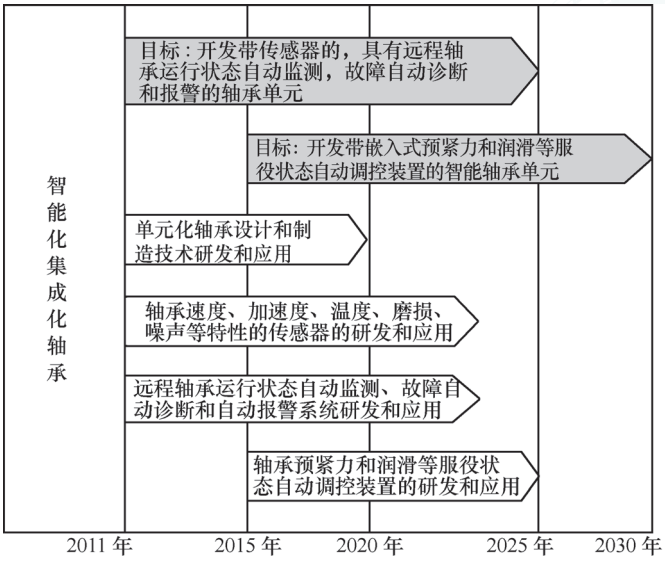


图 7-5　智能化集成化轴承发展路线图

7.1.8 国家重大科技计划项目

轴承行业承担的国家重大科技计划项目见表 7-7。

表 7-7 轴承行业承担的国家重大科技计划项目

序号	课题名称（编号）	承担单位	课题来源	起止时间
1	新型高效、高速、高刚度、大功率电主轴及驱动装置（2009ZX04010-021）	洛阳轴研科技股份有限公司	国家科技重大专项	2009 — 2012
2	高效、高速、高刚度及大功率电主轴的可靠性设计与性能试验技术（2010ZX04014-012）	洛阳轴研科技股份有限公司	国家科技重大专项	2010 — 2012
3	高速铁路和城市轨道交通车辆轴承关键技术研究与应用（2011BAF09B01）	洛阳轴研科技股份有限公司	国家科技重大专项	2011.1 — 2013.12
4	2MW 以上风电装备系列轴承关键技术研究与应用（2011BAF09B02）	洛阳 LYC 轴承有限公司	国家科技重大专项	2011.1 — 2013.12
5	大型风力发电机专用轴承试验台	瓦房店轴承集团有限责任公司	863 计划	2009.1 — 2012.12
6	大型高速铁路轴承试验台	洛阳 LYC 轴承有限公司	863 计划	2009.1 — 2012.12
7	数控立式车磨加工中心（2011ZX04002-011）	新乡日升数控轴承装备股份有限公司	国家科技重大专项	2011 — 2012
8	高性能滚动轴承基础研究（2011CB706600）	西安交通大学	973 计划	2011.1 — 2015.8

7.1.9 滚动轴承产业技术创新战略联盟

为进一步提升我国中高档装备制造业水平，带动相关产业的发展，我国轴承行业的 18 家企业建立起技术创新战略联盟，以下是该联盟的协议书。

滚动轴承产业技术创新战略联盟协议书

为积极贯彻落实《国务院关于发挥科技支撑作用促进经济平稳较快发展的意见》（国发［2009］9 号）及《关于实施科技规划纲要增强自主创新能力的决定》，

推动我国轴承工业的发展，进一步提升我国中高档装备制造业水平和带动相关产业的发展，加快建立以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系，促进经济结构调整和产业优化升级，提升产业核心竞争力，实现创新驱动发展，在中国轴承工业协会的大力支持下，我国轴承工业重要骨干企业、部分高校和科研院所，决定联合组建“滚动轴承产业技术创新战略联盟”（以下简称联盟）。通过联盟成员的“优势互补、协同创新和互利共赢”，形成长效、稳定的利益共同体，以产业技术创新需求为基础，突破滚动轴承产业关键技术，构建共性技术平台，凝聚和培育创新人才，加速技术推广应用和我国轴承产业化的发展。

依据国家科技部《关于推动产业技术创新战略联盟构建与发展的实施办法（试行）》相关管理办法，本联盟缔约方成员 18 家。

①本协议缔约各方均具有独立法人资格，具有签订本协议的合法主体资格，且各方相互确认彼此履行本协议的资格和能力。

②本协议缔约各方签订本协议旨在成立滚动轴承产业技术创新战略联盟，并规范联盟运作。

③本协议缔约各方是我国轴承行业、高等院校和科研院所重要骨干企业和科技主导力量，长期致力于我国轴承产业的研发和制造，相互间也曾有过良好的科研协作关系，面对 21 世纪我国轴承工业及国家装备制造业难得的发展机遇，经各方友好协商，达成如下联盟协议：

（1）联盟名称、组织原则和组建宗旨

经各缔约方协商，该联盟名称为：滚动轴承产业技术创新战略联盟。

贯彻国家中长期科学和技术发展规划纲要，瞄准国内外轴承产业核心、关键技术，解决我国重点主机配套滚动轴承研发方面的关键问题。采取“产、学、研、用”相结合的方式，通过集合成员单位的优势技术资源，加强产、学、研、用紧密结合，共同致力于轴承产业及相关技术装备制造的共性、关键和前沿技术，发挥我国轴承产业链集群竞争优势，整体提升我国轴承产业自主创新能力和国际竞争力，从而将其转化为技术创新优势、行业标准优势和知识产权优势，有效推动我国重点装备制造业主机国产化的发展。

（2）联盟任务

依托各缔约单位在我国轴承产业的技术优势、制造优势、人才优势，在重点实验室、技术研究中心、工程技术中心等拥有良好的试验研究条件、专业人才培养基地，共同组建产、学、研、用技术创新平台，结合国内外轴承产业核心技术，

突破我国重点主机配套滚动轴承研发难题，促进国家重大科技专项的项目合作与交流，推进我国轴承产业技术良好、快速发展，统一组织规划联盟的技术创新发展战略，共同申报重大科技成果和重大科技专项。

由轴研科技牵头，哈轴、洛轴、瓦轴等重点企业和高校，组织我国轴承产业内国家重大专项的规划与实施，构建我国轴承产业共性技术服务平台，建立支持各系列滚动轴承产品系统研发的专业化实验室及检测系统，研制产品及制造过程中需要的专用测试仪器与设备，完成各系列轴承产品配套应用的主机示范实验与测试，以及各系列轴承研发、产业化制造、主机应用及服务全过程技术发展与运行管理系统，完成该领域内各系列滚动轴承标准及知识产权保护体系建设，为中高端轴承产品领域如大飞机轴承、高速铁路轴承、中高档数控机床轴承等关键技术及产品升级与发展奠定基础。

依托联盟技术创新成果，规划轴研科技、哈轴、洛轴、瓦轴、天马等重点轴承企业高速、精密、重载轴承生产线建设。

对于到目前尚无法明确任务分工的项目或将来开展的联盟项目的任务分工，本联盟另行友好协商签订有关协议。

（3）联盟的组织机构及职责

成立由缔约各方参与的联盟理事会，发起单位是理事会当然成员，理事长由依托单位暂任，任期 3 年。依托发起单位轴研科技设立联盟秘书处，秘书处设秘书长 1 人。

联盟秘书处负责起草联盟章程、制定联盟发展规划和年度工作计划，经联盟理事会成员半数以上通过后生效。规划技术创新联盟技术创新项目，共同组织协商国家重大科技专项的申报、实施。

本联盟中协议各方共同约定轴研科技作为联盟对外承担责任的主体，代表联盟与相关政府管理部门签订科技计划项目任务书等文件；联盟对外签署的其他文件由相关联盟成员就具体事项，共同出具授权委托书，委托联盟理事长单位签署。

联盟对外承担责任的主体超出授权范围、以联盟名义签订协议或进行其他行为的，由此产生的法律责任，在联盟内部由对该行为进行追认的联盟成员承担连带责任（或约定其他责任承担方式）；没有联盟成员予以追认的，则由作出该行为的联盟对外承担责任的主体自行承担。

联盟对外责任的主体在联盟授权范围内代表联盟签订协议或进行其他行为

的，联盟对外承担责任的主体在实际承担相应责任后，该相应责任在联盟内部由全体成员平均分担（或约定其他责任分担方式）。

联盟秘书处负责组织联盟与外部组织的交流与合作，对秘书处组织的对外交流与合作，联盟成员均有参加的权利和义务。

（4）联盟成员管理

依据本联盟缔约方协议，各方法定代表人签字、盖章视为同意参加该联盟，并遵守该联盟章程，享有该联盟所规定的权利和义务。

联盟成员享有同等的权利和义务，自觉遵守联盟章程，服从理事会的工作安排，并按照各自承担的项目，有义务、有责任配置最优良的人才和试验装备，为项目的实施提供必要的服务和保证。成员须向联盟反映技术需求，提供相关信息。成员单位仪器、设备等资源有偿共享。新加入联盟成员可约定委托联盟理事长单位或联盟常设机构依托单位代表联盟与新加入成员签订加入联盟的协议，视同新加入成员与联盟所有成员建立了契约关系，对于拒不履行联盟章程的联盟单位，经联盟理事长单位提交联盟理事会讨论，满半数以上联盟成员通过，劝其退出或直接除名。

（5）联盟的项目管理

本联盟中项目来源主要有国家政府各部委以及联盟中自筹经费重大专项等。依据项目来源，缔约方根据国家政府计划项目相关管理办法，召集联盟成员讨论制定项目立项、实施、验收，以及相应的组织管理和监督机制等事项，可根据项目情况协议方另行签订项目协议。

（6）联盟的经费管理

理事会日常工作经费由各成员单位共同承担，联盟申报的国家各级项目经费依据具体项目签订的协议执行。

根据国家技术创新相关政策，各联盟成员单位应符合国家高新技术企业技术创新活动投入方式和研发比例，同时对研发经费实行专账管理，专款专用，提高研发经费管理水平和技术创新效力。

经费来源属于政府财政资助的，各联盟单位务必按照国家有关经费管理办法执行。

（7）联盟收益分配原则和知识产权管理

本联盟缔约方根据各自在项目合作研究中的贡献大小，合理分配项目所取得的知识产权和各项利益，其比例在具体项目合作协议中另行约定。

1）联盟成员在加入联盟前和在联盟组织的项目以外、未利用联盟资源和条件自行研发的现有技术成果，知识产权仍归其享有。

2）在联盟组织的项目中，根据项目研究内容的具体分工，研究中形成的专利等，采用专利申报单位所有的原则，各承担单位所获知识产权与成果由其单位拥有，项目的共同成果由所有联盟参与单位共享。

3）联盟组织项目的合作方，未经许可不得将他人投入的知识产权用于联盟项目之外的其他用途。

（8）违约责任

1）任何协议方违反本协议约定的义务，经联盟理事会决定，可从联盟中除名，并由联盟理事长单位或联盟理事会指定的其他联盟成员代表联盟追回其承担联盟研发项目中政府资助资金和联盟配套资金，给其他联盟成员造成经济损失的，应承担赔偿责任。

2）联盟成员被除名时，其不再享受本协议约定的联盟成员权利，但仍应承担保守联盟及联盟成员技术秘密的义务；对已经许可联盟其他成员在联盟项目中使用的知识产权，相应联盟成员仍有权按原有条件继续使用。

3）因履行本协议而引起的任何纠纷应通过相关各方友好协商解决，或通过联盟理事会调解解决；协商或调解不成的，向联盟常设机构所在地（洛阳）的人民法院提起诉讼（也可约定向洛阳市仲裁机构申请仲裁）。

（9）其他

1）保证在秘书处登记的联系方式的可靠性和稳定性，若有变更，提前十五日通知相关各方。

2）本协议自联盟各方授权代表签字和盖章之日起生效。协议的修改须理事会决议通过后方可生效。本协议由联盟成员单位各执一份，联盟秘书处备案两份，同具法律效力。

3）遵守和履行本协议，如违约负相应的法律责任。

4）联盟终止、解散或分立、合并等需要撤销的，由秘书处提出，经理事会表决且五分之四以上（含五分之四）同意方能通过。

5）联盟终止前，须在相关单位及有关机构指导下由理事会负责组织成立清算工作机构，清理债权债务，处理善后事宜。清算期间，不开展清算以外的活动。剩余财产按照国家有关规定决定用途。

6）联盟成员召开第一届理事会，选举、通过理事长、副理事长等，由理事

长聘任秘书长。

7）联盟理事会成立后，由常设机构秘书处协调全面工作。

8）本协议的解释权属联盟理事会。

联盟单位成员：洛阳轴研科技股份有限公司、洛阳 LYC 轴承有限公司、哈尔滨轴承集团公司、瓦房店轴承集团有限责任公司、清华大学、河南科技大学、西安交通大学、合肥工业大学、重庆大学、襄阳汽车轴承股份有限公司、浙江天马轴承股份有限公司、大连凯特乐机械有限公司、西安理工大学、广州大学、新乡日升数控轴承装备股份有限公司、人本集团有限公司、万向钱潮股份有限公司、上海集优机械股份有限公司。

7.2 大飞机轴承研发攻关㊀

7.2.1 我国轴承产业进行大飞机轴承研发攻关的必要性

国家决定实施大飞机重大科技专项，大飞机重大科技专项的各项工作都在紧锣密鼓地进行。实施大飞机重大科技专项是加快振兴我国装备制造业，提高国家综合实力的一件大事。

轴承是飞机的重要的基础零部件。建国以后，从 20 世纪中期开始，我国轴承行业在引进前苏联飞机轴承设计和制造技术，进而引进欧洲飞机轴承设计制造技术的基础上，进行自主创新，在基础理论研究、产品设计技术研发、材料研发和生产、工艺技术研发和工艺装备研制、试验技术研究和试验装备研制等方面取得了丰硕的成果，为大飞机轴承的研发和产业化奠定了良好的基础。

但是，我国轴承行业在基础理论、设计制造和试验技术等方面都还不能适应大飞机轴承的高性能、长寿命、高可靠性的要求，必须进行大飞机轴承研发和产业化的攻关。

整合轴承行业的力量，联合有实力、有基础的研究院所和骨干企业，追赶大飞机研发和产业化的步伐，积极主动地、高起点地研发大飞机配套轴承，为我国大飞机重大科技专项作出贡献，这既是我国轴承行业的历史责任，又是我国轴承行业提高自主创新能力和整体技术水平，实现产业升级，加快建设世界轴承强国的重要契机。

因此，组织大飞机配套轴承联合攻关，是完全必要的，也是非常迫切的。

7.2.2 联合攻关产品

130 ～ 200 座大型民用客机配套轴承，以 150 座左右的大型民用客机配套轴

㊀ 摘自中国轴承工业协会《大飞机轴承联合攻关规划》。

承为攻关的切入点。

按安装部位和使用性能，包括发动机主轴轴承、飞机附件及发动机附件轴承、起落架轮毂轴承、传动系统轴承、操纵系统轴承和陀螺仪轴承六大类。

在上述六大类轴承中，发动机主轴轴承是航空动力单元的关键零部件之一。主轴轴承在高温、高速和极其复杂的受力条件下工作，要求具有优良的使用性能，很长的疲劳寿命时限和极高的可靠性。关节轴承广泛应用于飞机操纵系统、起落架、方向舵、传动系统和航空发动机等关键部位，其工作动态性能直接影响着飞行器的安全。因此，发动机主轴轴承和关节轴承是联合攻关的重中之重。

7.2.3 联合攻关目标

研发成功 130 ～ 200 座大型客机发动机主轴轴承、飞机附件及发动机附件轴承、起落架轮毂轴承、传动系统轴承、操纵系统轴承和陀螺仪轴承，达到国外同类产品水平，技术上具备产业化条件。

其中，发动机主轴轴承 dn 值≥ 2.5×10^6mm·r/min，耐高温达 180 ～ 260℃，寿命在 15 000h 以上。

7.2.4 联合攻关工作内容

1. 基础理论研究

1）轴承润滑油拖动特性。

2）轴承热分析、动态特性分析及热弹流分析。

3）轴承保持架动态性能分析。

4）超精密测量与误差评定方法。

5）轴承表面高性能薄膜成膜机理及方法。

6）轴承摩擦磨损概率分布特性。

7）轴承振动与噪声性能的概率分布特性。

8）关节轴承套圈基体材料与自润滑衬垫材料之间摩擦磨损机理，各种工况条件下失效机理、多因素耦合设计理论、强度和寿命计算。

9）关键部位轴承的状态监测与故障诊断，包括失效形式、故障信号特征、故障信号提取与处理及故障图谱的建立等。

10）轴承潜在失效模式及失效因素研究，轴承早期失效预防。

11）轴承在润滑失效等异常条件下的极端寿命评估。

2. 设计技术

1）研发具有自主知识产权的有限元分析及仿真设计软件。

2）提高优化设计水平，包括对疲劳寿命、磨损寿命、旋滚比、摩擦力矩及静载荷等作为优化目标进行设计，并进行寿命预测；对不同工况条件下不同结构参数下接触应力、发热、旋滚比、打滑率进行计算分析；通过潜在失效模式分析，采取应对措施避免轴承早期失效。

3）研究应用涵盖疲劳寿命、磨损寿命、振动寿命和摩擦寿命的综合寿命系统设计方法。

4）修订完善关节轴承静载荷、动载荷和寿命计算方法以及寿命试验规程。

3. 原材料

1）提高飞机轴承常用的双真空轴承钢、耐热钢、高温渗碳钢的质量稳定性，对降低氧含量和有害元素含量、碳化物细化和均匀分布等问题进行深入研究。

2）研制和应用新型高温轴承钢。

3）优化热处理工艺。

4）研究和应用新型单元素或多元素离子注入技术，提高轴承表面耐磨性和抗损伤性能。

5）深入进行关节轴承自润滑衬垫摩擦磨损及失效机理研究，优化自润滑衬垫结构设计和制备工艺。

6）研制和应用新型耐高温航空润滑油。

4. 工艺技术

1）研制和应用达到国际先进水平的工艺装备，设备保证能力（C_{MK}）达到国际先进水平。

2）研究和应用复杂结构轴承零件成形和机械加工技术。

3）研究和应用超高精度低损伤加工技术和无损伤检测技术。

4）研究和应用新型高温渗碳钢热处理技术。

5. 试验技术

1）研发应用能模拟工作转速、环境温度和工作载荷，载荷谱、速度谱和温度谱自动控制，试验主参数自动测量、记录，故障在线监测、诊断及自动报警的新一代航空轴承性能试验机、耐久性试验机、寿命试验机和特殊环境试验机。

2）研发应用等效强化试验方法。

3）研究在样本、概率分布未知条件下的静态试验和动态试验的数据处理及可靠性。

4）研究在动态试验中轴承性能的演变历程模拟，包括瞬时估计值、区间和

概率分布，进行性能遗传与变异预测，全面评价轴承性能的演化历程。

6. 应用技术

制造和应用部门配合，对轴承应用情况进行统计、分析和案例积累。对轴承在试验、试车、外场使用中出现的故障和失效情况进行分析，找出原因，提出改进措施。

7. 标准研究和制定

1）推动《航空轴承通用技术规范》的修订，增加轴承振动、材料残留奥氏体等重要技术指标。

2）研究制定航空轴承定寿程序、定寿规范，纳入国家标准。

3）研究制定航空轴承安装、使用和维护标准。

4）研究制定润滑油及润滑系统清洁度控制标准。

7.3 高速动车组轴承研发攻关

7.3.1 高速动车组轴承概述㊀

1. 高速铁路及市场

根据国际铁道联盟的定义，高速铁路（以下简称高铁）是指新建铁路营运速度在 250km/h 以上，改建铁路营运速度在 200km/h 以上的铁路系统。世界上首条高铁是日本的东京至大阪的新干线，于 1964 年正式营运，营运速度超过 200km/h。截至目前，开行 200km/h 以上高速列车的国家还有法国、德国、意大利、西班牙、比利时、荷兰、瑞典、英国、美国及俄罗斯等国，正在积极建设或规划建设的有瑞士、奥地利、丹麦、加拿大、澳大利亚、韩国、印度及越南等国。

我国从 2004 年开始引进高铁技术。2008 年 8 月 1 日，第一条高铁——京津城际铁路通车运营。截至 2010 年年底，高铁运营里程达到 8 358km，占全世界高铁运营里程的 1/3 强。根据规划，到 2012 年，我国将建成 42 条高铁客运专线，总里程将超过 1.3 万 km，到 2020 年总里程将达到 1.8 万 km。

据权威机构预测，目前全球铁路市场（不含中国）容量为 1 200 亿欧元 / 年，约合 1 万亿元 / 年，其中在高铁中采用动车组的比重很大（如日本现在动车组占比达 87%，荷兰、英国动车组占比分别为 83% 和 61% 等），市场空间巨大，发展前景良好。

2. 我国高速铁路动车组概况

从 2005 年起至今，中国高铁动车组研制生产可分为三个平台：第一个为时

㊀ 摘自《轴承》杂志 2011 年 10 期《高速铁路轴承概述》作者杨晓蔚。

速 200km 级平台，第二个为时速 300km 级平台，第三个时速 350km 以上的平台。前两个平台是在引进消化吸收再创新国外先进技术和设备的基础上形成的，第三个平台则定位为通过自主创新、自主设计时速 350km 以及 380km 的动车组而形成。具体情况如下：

CRH1，四方机车车辆＋加拿大庞巴迪＋鲍尔（简称 BSP）生产，200km 级别（营运速度 200km/h，最高速度 250km/h）。

CRH2，四方机车车辆＋日本川崎重工生产，200km 级别（具有提升到 300km 级别的能力）。

CRH3，唐山机车车辆＋德国西门子生产，300km 级别（营运速度 330km/h，最高速度 380km/h）。

CRH5，长春轨道客车＋法国阿尔斯通生产，200km 级别。

CRH380，其中 CRH380A 由四方机车车辆在 CRH2 的基础上自主研制，与原型车相比，每个动力单元的牵引功率由原来的 4 800kW 增加到 9 600kW；CRH380B 由长春轨道客车与唐山轨道客车在 CRH3 的基础上优化设计和再创新而成，与原型车相比，CRH380B 每个动力单元的牵引功率由 4 400kW 增加到 4 600kW，改进车型 CRH380C 则进一步增加到 4 800kW。CRH380 的设计运营时速为 380km。

动车组的短编组（8 辆）结构为：CRH1 和 CRH5，5M3T（即 5 辆动车＋ 3 辆拖车）；CRH2、CRH3 和 CRH380B，4M4T；CRH380A，6M2T。长编组（16 辆）结构为两列短编组联挂（两组重联）运行（动车型号后加字母 L），如 CRH380BL 为 8M8T，但 CRH380AL 为 14M2T。

目前，高铁动车组主要生产企业的年生产能力为：四方机车车辆，1 600 辆；庞巴迪 + 鲍尔，800 辆；长春轨道客车，1 000 辆；唐山轨道客车，768 辆。

在现已建成运营的主要高铁线路上，所采用的主力动车组分别为：京津城际，CRH3、CRH2；沪宁城际、武广，CRH3、CRH2、CRH380A；郑西，CRH2；沪杭，CRH380A；京沪，CRH380A、CRH380B。

每列动车组的价格，目前约为 2 亿元（西门子提供的 CRH3 原型车每列价格 2.5 亿元），其中动车约 3 000 万元 / 辆。

3. 我国高速铁路轴承市场

国际上生产铁路轴承的著名公司主要有瑞典 SKF，德国 FAG，美国 Timken，日本 NTN、NSK 和 KOYO，法国 SNR 等。其中，SKF 的轴箱轴承在全世界应用最广，

如日本川崎重工出口到我国台湾的高速铁路动车组的轴箱轴承不是采用日本轴承而是 SKF 轴承；FAG 在齿轮箱和电动机轴承方面占据主导地位；Timken 的轴箱用圆锥滚子轴承具有优势；日本几家公司的轴承主要用于日本国内新干线中，如 NTN 可提供用于轴箱、齿轮箱和电动机等的全线轴承；SNR 主要生产轴箱轴承，但于 2006 年 1 月已被 NTN 收购。

目前，我国高铁动车组轴承全部为进口，以轴箱轴承为例，具体配套情况如下：

CRH1 和 CRH5，瑞典 SKF 轴承；CRH2，日本 NTN 及 NSK 轴承；CRH3，德国 FAG 轴承。

根据铁道部“十二五”发展目标，至 2015 年，全路投入运营的动车组达到 1 500 列以上。按每一标准列 8 辆编组，每一辆动车配套 8 套轴箱轴承，每套轴承 0.5 万元（或按更高价格 1 万元）计算，共计 9.6 万套轴承 4.8 亿元（9.6 亿元）。而截至 2010 年年底，保有量已有约 500 标准列，因此“十二五”期间，总计只有 3.2 亿元（6.4 亿元）的市场容量，平均每年仅 0.64 亿元（1.28 亿元）。2015 年后，高铁线路及动车组接近饱和点，高铁轴承市场将主要转向更新维修，但由于高铁轴承的使用寿命较长，一般要求为 240 万 km 以上，因此维修市场的份额也不大。

4. 高速铁路轴承的主要技术数据及技术要求

（1）轴承结构型式与外形尺寸　我国高铁动车组轴箱轴承结构型式均为双列圆锥滚子轴承。高铁动车组用轴箱轴承如图 7-6 所示。其中，200km 级别轴承的外形尺寸 $d\times D\times B$ 为 130mm×230mm×160mm，300km 级别轴承的外形尺寸 $d\times D\times B$ 为 130mm×240mm×160mm。

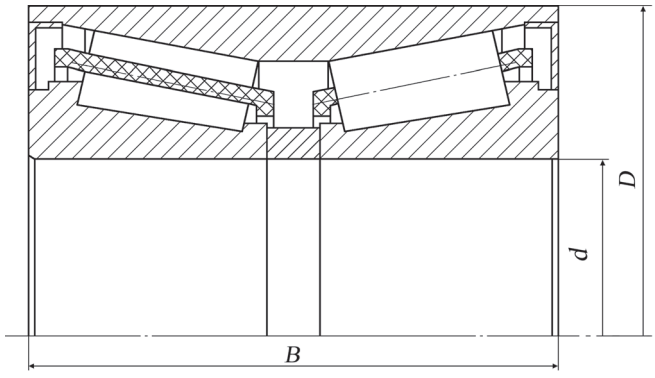


图 7-6　高铁动车组用轴箱轴承

（2）轴承原材料　欧洲与日本高铁动车组轴箱轴承的原材料一般采用真空重熔钢，我国铁路轴承一般规定采用电渣重熔钢，高铁轴承也有采取真空精炼＋电渣重熔技术路线的。

（3）轴承载荷与接触应力　各型号动车组的编组质量见表 7-8。

以编组质量最大的 CRH5 为例，以平均值估算，每套轴承载荷约为 68.7kN，最大滚动体载荷约为 7.6kN，内圈滚道与滚子的接触应力约为 810MPa。

表 7-8　各型号动车组的编组质量

动车组型号	编组质量 / t
CRH1	420.4
CRH2	345
CRH3	380
CRH5	451

（4）轴承转速　各型号动车组的车轮直径见表 7-9。

以运营速度最快的 CRH3 为例，当时速为 300km 时，轴承转速约为 1 730r/min。

表 7-9　各型号动车组的车轮直径

动车组型号	车轮直径 /mm
CRH1	915
CRH2	860
CRH3	920
CRH5	890

（5）轴承寿命　对于最高运营速度不大于 200km/h 的轴承，质保期为 90 万 km（或 4 年），经过段修后须保证在一个段修期内不发生检修质量问题，运行里程达 280 万 km 者或使用时间达 10 年者必须报废。

对于最高运营速度大于 200km/h 轴承，120 万 km 免维护，检修后再使用至

240 万 km 后报废。

日本高铁轴承为 120 万 km 免维护，300 万 km 或 6 ～ 7 年后报废。

SKF 对运营速度不高于 200km/h 的铁路轴承，台架试验必须运转 60 万 km 当量里程，装场试验必须为其年里程数的 2 倍或 60 万 km；高于 200km/h 的铁路轴承，台架试验必须运转 80 万 km 当量里程，装车试验必须达到 100 万 km。

5. 结束语

1）高铁轴承首先要求具有高可靠性，以保证高铁动车组运行的高安全性，技术质量水平及工程经验积累都十分重要，门槛较高。

2）高铁轴承市场本身容量不大，研发的技术意义远大于市场意义，社会效益远大于经济效益。

3）中国现已成为世界高铁大国，包括轴承在内的许多关键技术，必须尽快掌握和拥有自主知识产权，以期占据技术制高点，真正具备高端市场的核心竞争力。

7.3.2 高速动车组轴承（高速铁路客车轴承）联合攻关技术路线（推进高速铁路客车轴承研发工作会商会纪要）

高速铁路客车是属于国家振兴装备制造业十六个关键领域的重大技术装备。高速铁路客车轴承是高科技产品，我国轴承行业的企业尚未进入这一领域。为了占领科技制高点，提升行业和企业的整体技术水平，同时，为提高高速铁路客车自主化水平作贡献，必须加快高速铁路客车轴承研发，尽早获得铁道部认可，进入这一领域。这项工作十分艰巨，不能只依赖各企业单打独斗，必须在保护各企业商业秘密和知识产权的前提下，整合行业的力量，进行联合攻关和公关。肩负有为政府、为企业双向服务职责的中国轴承工业协会为贯彻落实《国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见》和《装备制造业调整和振兴规划》，为做好高速铁路客车轴承研发的协调、组织和推进工作，于 2010 年 7 月 20 日在北京召开推进高速铁路客车轴承研发工作会商会。

1. 参加会议人员

洛阳轴研科技股份有限公司、洛阳 LYC 轴承有限公司、瓦房店轴承集团有限责任公司、哈尔滨轴承集团公司和河南科技大学机电工程学院的领导和技术主管参加了会议。

会议特别邀请青岛四方车辆研究所有限公司专家和国家科技支撑计划“高速精密重载轴承关键技术研究”项目组负责人到会指导。

会议组织单位中国轴承工业协会的理事长、名誉理事长、高级顾问、秘书长、副秘书长和专务委员参加了会议。

2. 会议达成的共识

1）高速铁路客车是属于国家振兴装备制造业十六个关键领域的重大技术装备。高速铁路客车轴承是高科技产品，我国轴承行业的企业尚未进入这一领域。为了占领科技制高点，提升行业和企业整体技术水平，同时，为提高高速铁路客车自主化水平作贡献，我们必须加快高速铁路客车轴承研发，尽早获得铁道部认可，进入这一领域。

2）高速铁路客车轴承研发和产业化工作十分艰巨，不能只依赖各企业单打独斗，必须在充分发挥各企业的主动性、积极性，并保护各企业知识产权的前提下，整合行业的力量，进行联合研发攻关，为铁道部指定的高速铁路客车轴承产品图样和技术条件设计单位提供技术支持。最后，按铁道部批准的统一的产品图样、技术条件、供货安排进行生产。

3）负有为政府、为企业双向服务职责的中国轴承工业协会为贯彻落实《国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见》和《装备制造业调整和振兴规划》，有责任做好高速铁路客车轴承研发的协调、组织和推进工作。会议商定由中国轴承工业协会牵头组织向铁道部和国家有关部委请示汇报并进行经常性的联络工作。近期由中国轴承工业协会牵头向铁道部领导汇报我国轴承行业高速铁路客车轴承研发情况和今后打算，争取得到铁道部领导的认可和支持。

4）洛阳轴研科技股份有限公司是我国轴承行业的技术依托，肩负有为全行业服务的社会责任。由洛阳轴研科技股份有限公司牵头组织高速铁路客车轴承研发和产业化的技术攻关工作，河南科大、洛轴、瓦轴、哈轴积极参加攻关工作。同时各企业要加强技术改造，搞好批量生产的技术储备。

5）高速铁路客车轴承的研发和产业化要始终紧紧依靠青岛四方车辆研究所有限公司和中国铁道科学研究院的技术支持。

6）高速铁路客车轴承的研发和产业化要按循序渐进的原则，总体目标，分步实施。首先进行时速 200 ～ 250km 高速铁路客车轴承的研发和产业化工作。

7）高速铁路客车轴承的研发和产业化联合攻关工作中国轴承工业协会和参加联合攻关的各单位实行责任人制。

8）本纪要所列各项，在征得各有关单位主要领导同意后，由中国轴承工业协会组织实施。

7.3.3 国家高技术研究发展计划（863计划）课题——大型高速铁路轴承试验台课题情况㊀

本课题依托单位为洛阳LYC轴承有限公司，由青岛四方车辆研究所有限公司、中国铁道科学研究院、浙江大学和河南科技大学等单位协作完成。主要研究时速350～500km高速铁路列车专用轴承耐久性能、密封性能和综合性能试验方法，研制大型高速铁路轴承耐久性试验台、大型高速铁路轴承防水密封性能试验台、大型高速铁路轴承防粉尘密封性能试验台、大型高速铁路轴承综合性能试验台，制定高速铁路轴承试验技术规范。

1. 课题简介

（1）项目目的和意义　高速铁路的快速发展是我国社会经济高速发展的必然要求。高速铁路除能缩短旅行时间、舒适方便外，还具有节约能源和减少环境污染，有利于改善生态环境和可持续发展等特点。国务院《装备制造业调整和振兴规划》把“组织实施铁路交通设备自主化，实现高速动车组等的国内制造”列为十大领域重点工程之一；把“建设高速铁路、城市轨道交通等新型装备产品检验检测和认证机构”列为十大政策措施之一。2006年出台的《国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见》中把“掌握时速200km及以上高速铁路列车、新型地铁车辆等装备核心技术，使我国轨道交通装备制造业在较短时间内达到世界先进水平”列为16项关键领域之一。根据铁路中长期发展规划和东部铁路率先实现装备现代化的战略部署，到2015年，哈尔滨、沈阳、北京、济南、上海、郑州、南昌铁路局和广铁集团公司投入运营的高速动车组将达到1 500列。高速铁路客运专线和快速客运通道总里程将达到1.2万km多。

2004年10月，铁道部组织完成了140列时速200km动车组的采购项目合同签订，成功引进了川崎重工、庞巴迪、阿尔斯通的动车组先进技术，开始了我国高速动车组技术的自主创新之路。2007年，国产时速200km的“和谐号”动车组调试完毕，首列时速300km的“和谐号”动车组列车（CRH2－300）竣工下线。这是我国铁路全面实施自主创新战略取得的重大成果，标志着我国铁路客运装备的技术水平达到了世界先进水平，我国也由此成为世界上少数几个能够自主研制时速300km以上动车组的国家，我国铁路运输的高速化时代已经到来。

虽然，我国掌握了高速动车组的设计与制造技术，但作为关键行走部位的轴箱轴承，却没有实现国产化。近年来，经过国内轴承行业的努力，已在高速铁路

㊀ 摘自洛阳LYC轴承有限公司国家“863计划”项目《大型高速铁路轴承试验台》可行性研究报告

轴承的设计与制造方面取得重要进展，已研制出时速 350km 动车组轮对轴箱轴承样品。然而，由于没有时速 300km 以上高速铁路轴承相关试验台而缺乏试验数据积累，不能提供足够的轴承性能和耐久性数据，无法满足高速铁路轴承应用要求。因此，为实现高速铁路轴承自主化制造，打破国外企业的技术垄断，迫切需要研制大型高速铁路轴承试验台，以对轴承各项性能进行测试和验证。

（2）主要研究内容　研究时速 350 ～ 500km 高速铁路列车专用轴承耐久性能、密封性能和综合性能试验方法，研制大型高速铁路轴承耐久性试验台、大型高速铁路轴承防水密封性能试验台、大型高速铁路轴承防粉尘密封性能试验台及大型高速铁路轴承综合性能试验台，并制定高速铁路轴承试验技术规范。

（3）预期目标　本课题完成后，研制出能够满足时速 350 ～ 500km 的大型高速铁路轴承的耐久试验台、防水性能试验台、防尘性能试验台和综合性能试验台，并制定具有自主知识产权的大型高速铁路轴承试验规范，为大型高速铁路轴承的国产化提供试验数据和设计依据，使我国的铁路轴承试验技术达到世界先进水平。预计申请国家专利 3 项以上，形成企业试验技术标准，并申报列入行业标准，建立具有自主知识产权的高速铁路轴承试验规范，填补国内空白。

2. 课题主要研究的国内外技术发展现状与趋势，以及专利申请和授权情况

当今世界已进入高科技发展时代，社会生活节奏进一步加快，高速铁路以其运量大、能耗低、安全可靠及节省时间等优点，在世界范围内快速发展。日本、法国和德国等国家是高速列车技术比较发达的国家，目前已经形成了若干个高速铁路网，时速 300km 以上的超高速列车也已投入运营。目前已建成的高速铁路总里程已超过 5 000km，预计到 21 世纪 20 年代，高速铁路新线可能增加到 1.8 万～ 2 万 km。

（1）国外现状　高速铁路从 20 世纪 60 年代进入使用阶段以来，发展迅速，运行速度不断提高，其中以日本、法国和德国等国的高速铁路发展最为突出。近年来，英国、美国、瑞典、俄罗斯、澳大利亚、芬兰、比利时及荷兰也开行了高速列车，而其运行速度的记录不断被刷新。2007 年法国 TGV 高速列车在运行试验中创造了时速 574.8km 的速度，这是世界高速铁路最高试验速度。

国外高速铁路的飞速发展，带动了国外高速铁路轴承技术的发展与进步。高速铁路轴承的主要供货商，如瑞典 SKF、德国 FAG、日本 NTN，都拥有先进的轴承试验技术和试验装备。其中，瑞典 SKF 公司与德国 FAG 公司用于高速铁路轴承的试验台，轴承的试验速度已经达到了时速 550km，同时可以模拟轴承运行环境

（如风速、温度等）对轴承性能的影响。凭借先进的设计制造技术和完善的试验装备对轴承的安全使用作为保障，这几家公司基本上垄断了世界范围内的高速铁路轴承市场。

FAG 高速铁路轴承 AN46 试验台能模拟最高时速 550km 的运行速度，试验台装有一个空气流动模拟器，它能产生的最大风速达 180km/h。图 7-7 所示为 SKF 高速铁路轴承试验台，试验速度达到时速 550km，可以模拟转向架的动态载荷，对轴承进行综合性能测试。

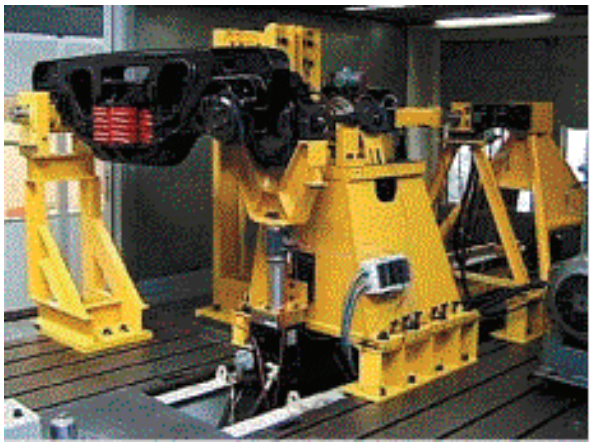


图 7-7　SKF 高速铁路轴承试验台

（2）国内现状　为了提高我国铁路运输能力，满足社会和经济发展的需要，我国从 2004 年开始引进并大力发展高速铁路列车，通过对国外先进技术引进、消化吸收再创新，我国的高速铁路技术取得了快速的发展。2007 年，我国已经研制出了具有自主知识产权的 300km/h 的高速列车，成为世界上少数几个能够自主生产时速 300km 以上动车组的国家。

由于我国高速铁路的发展起步较晚，国内轴承制造单位对高速铁路轴承的研发刚起步，而与高速铁路轴承相关的试验装备和试验技术还是空白。目前，国内拥有的铁路轴承试验装备仅可以对时速 200km 以下的轴承进行试验，与国外铁路轴承的试验技术相比还存在着较大的差距。因此，需要加强时速 300km 高速铁路轴承试验条件建设，为高速铁路轴承的设计制造提供试验数据支持，以满足我国高速铁路的发展要求。

（3）发展趋势　高速动车组作为现代高科技的代表，在交通运输中起到越来越大的作用，在世界各国均得到了快速发展。由于高速动车组轴承使用工况复

杂、载荷大、转速高，所以对轴承的性能、寿命和可靠性要求较高。随着高速动车组对速度、舒适度、安全可靠性要求的提高，对轴承的维护周期、使用寿命也提出了更高的要求。

（4）专利申请和授权情况　以铁路轴承、防尘、防水、耐久性能、轴承试验等为关键词通过国家知识产权局中国专利数据中心网站（www.sipo.gov.cn）、欧洲专利局网站（ep.espacenet.com）、美国专利商标局网站（www.uspto.gov）进行专利检索，检索结果如下：

专利“一种铁路轴承智能在线检测方法及其装置”（专利号：ZL200810049649.7），公开了铁路客、货车车辆行走部位的轮对轴承检测方法和技术，适用于国内铁路货车车辆运用状态下轮对轴承的异常信息、结构健康和故障诊断。

专利“铁路轴承专用的密封装置”（专利号：ZL200810229237.1），公开了一种防止润滑脂泄漏以及外界的灰尘、杂质进入到轴承内部的密封结构。

专利“铁路轴承智能在线检测装置的被测轴承定位加载机构”（专利号：ZL200820070230.5），公开了对被测铁路轴承定位的加载机构，适用于对铁路轴承的精确检测，并可对其施加径向载荷。

专利“铁路轴承检测系统用轴承外圈综合测量仪”（专利号：ZL200720025888.X），公开了一种铁路轴承检测系统用轴承外圈综合测量仪。

专利“用于铁路轴承检测的装夹机构”（专利号：ZL200820070232.4），公开了一种用于铁路轴承检测的装夹装置和结构。

美国专利“Railway freight car side bearing”（专利号：7549379），公开了一种用于列车车厢的侧边轴承的结构。

美国专利“Railway truck pedestal bearing adapter”（专利号：7308855），公开了一种用于货车车厢连接器的结构。

美国专利“Ride control constant contact side bearing arrangement”（专利号：7121212），公开了一种用于列车车厢的侧边轴承的配置方法和结构。

欧洲专利“Rollor bearing wearing machine for railway freight car wheel pair”（专利号：CN201145638），公开了一种滚动轴承磨损试验机的结构和方法。

综上所述，国内外虽然对铁路轴承检测和试验方面有一些研究，但是关于铁路轴承的防尘和防水性能、耐久性能及综合性能方面的试验技术研究还不够系统，特别是考核高速铁路轴承性能的试验台架开发还面临众多挑战。我国高速铁路轴

承专用试验技术研究与应用还是空白，相关的试验方法和试验手段尚不够成熟。目前国内企业仅仅是通过对简单的数据采集和分析评价轴承的性能，缺少有效考核高速铁路轴承的耐久性、防尘、防水及综合性能的专用试验装备。同时，高速铁路轴承专用试验台架的研制涉及机械设计、制造、材料、控制技术及通信技术等，任何一家单位都很难自行研发，这就要求产学研联合，完成关键技术研究与攻关。

高速铁路轴承的试验规范和技术标准等关键技术尚缺乏系统深入的研究。

目前有效的试验手段已经成为制约高速铁路轴承技术发展的一个瓶颈。高速铁路轴承的设计、制造方面的理论研究，都是建立在试验基础之上的，通过对高速铁路轴承的性能进行大量的试验数据分析和评价，才能总结出适合于高速铁路轴承的设计方法和制造工艺。对于高速铁路轴承而言，我国还没有建立起完善有效的试验基础和试验条件。

3. 课题主要研究内容、拟解决的技术难点和可能的创新点，以及技术风险分析

（1）主要研究内容

1) 大型高速铁路轴承试验技术条件研究。研究大型高速铁路轴承实际运行工况，根据载荷状况确定加载方式，编制加载规范，确定试验参数采集与处理方法，确定大型高速铁路轴承耐久性能试验、防水密封性能试验、防粉尘密封性能试验和综合台架性能试验的技术条件。开展试验规范的行业标准研究与申报，制定企业标准。

2) 大型高速铁路轴箱轴承耐久性能试验台研制。根据试验技术条件，设计耐久性能试验台。研究轴承试验台的结构形式、加载、驱动、支承、传动方式及其实现方案。实现对试验数据的采集、放大及处理方法，完成试验台的制造、安装与调试。利用虚拟样机技术、有限元和计算机仿真技术，设计校核试验台的强度、刚度、动态特性和疲劳性能，进行试验台的运动学仿真，保证试验台的成功研制。

3) 大型高速铁路轴承防水密封性能试验台研制。根据试验技术条件，设计防水密封性能试验台。研究确定轴承试验台的结构形式、加载、驱动、支承、传动方式及其实现方案，同时模拟轴承实际环境条件，测试在不同温度和压力等环境条件下轴承的防水密封性能，完成试验台的制造、安装与调试。利用虚拟样机技术、有限元和计算机仿真技术，设计校核试验台的强度、刚度、动态特性和疲劳性能，进行试验台的运动学仿真，保证试验台的成功研制。

4) 大型高速铁路轴承防粉尘密封性能试验台研制。根据试验技术条件，设计防粉尘密封性能试验台。研究确定轴承试验机的结构形式、加载、驱动、支承、

传动方式及其实现方案，同时模拟轴承实际环境条件，测试在不同温度和压力等环境条件下轴承的防粉尘密封性能，完成试验机的制造、安装与调试。利用虚拟样机技术、有限元和计算机仿真技术，设计校核试验台的强度、刚度、动态特性和疲劳性能，进行试验台的运动学仿真，保证试验台的成功研制。

5）大型高速铁路轴承综合性能试验台研制。根据试验技术条件，设计综合性能试验台架的整体方案。依据高速铁路轴承单元的载荷及起动、制动、转向等工况条件下的载荷特征，通过程序控制加载驱动软件对轴承加载，同时模拟列车运行时温度、湿度、风速等环境条件；编制数据库，实现历史数据存取，特征数据提取、处理与分析等；实现环境温度、湿度、风速、轮对振动加速度、轴温、转速、转矩及载荷等参数的测量，对试验数据采集及处理分析。完成试验台架的制造、安装与调试。利用虚拟样机技术、有限元和计算机仿真技术，设计校核试验台的强度、刚度、动态特性和疲劳性能，进行试验台的运动学仿真，保证试验台的成功研制。

（2）技术难点

1）大型高速铁路轴承实际运转工况及载荷谱的确定，以及实验大纲的编制。

2）大型高速铁路轴承实际运转工况的模拟控制及其运行环境的构造。

3）试验数据的采集和分析软件的编制。

4）液压伺服控制系统。

（3）创新点

1）在高速铁路轴承综合性能试验中，模拟实际工况的轴承受力分析。

2）在高速铁路轴承综合性能试验中，加装能够模拟不同温度的分机装置，而且有很好的密封。

3）编写时速 350 ～ 500km 高速列车铁路轴承的试验规范，填补国内空白。

（4）技术风险规避

1）大型高速铁路轴承综合试验台要结合转向架技术，实际的振动冲击、弯道等工况，所以在动力传动以及多点加载方面、轮对振动加速度试验方面还要深入细致的研究，规避风险。

2）根据驱动和控制方式，设计模拟加载液压执行器，建立基于 DSPACE 数字实时控制系统的半物理试验系统，将轴承负载模拟计算结果解析为液压伺服系统的输入控制信号，对轴承进行实时伺服加载。项目组在液压传动控制领域，尤其是大型重载机电装备方面具有很好的研究基础，并且在机械动力学建模、信号采集、实时控制等理论与技术方面具有深厚的研究积累。

3）以政府为引导、企业为主体、产学研相结合，构建新型产学研合作组织，集科研、设计、制造、产业化推进于一体，通过协作单位成员之间的优势互补和强强联合，搭建共性技术研发平台，集中目标集成创新，形成布局合理、分工协作、配套齐全的技术创新共同体，共同致力于课题的研究，以应对技术风险。

目前，随着我国高速铁路的快速发展，对高速铁路轴承的需求逐年增加。而国内高速铁路轴承全部依赖国外进口的局面急需改善，本课题的实施，将加快我国高速铁路轴承的国产化进程。同时，LYC 产品与国际知名品牌竞争，不能说没有市场风险，但经过努力，不断提升 LYC 产品的水平，可以占领国内相当一部分高速铁路专用轴承市场。

4. 课题预期达到的目标、主要技术和经济指标，可获得的成果、知识产权和人才培养情况

（1）预期目标　建成目前国内唯一的能够满足时速 350 ～ 500km 大型铁路轴承的试验室，其拥有的耐久性能试验台、防水密封性能试验台、防粉尘密封性能试验台和综合性能试验台能够对大型高速铁路轴承进行耐久、密封和综合性能试验，为大型高速铁路轴承的国产化提供试验数据和设计分析，使我国的铁路轴承试验技术达到世界先进水平。利用大型高速铁路轴承性能试验台，除了进行上述轴承性能试验以外，还可以进行轴承寿命、轴承材料疲劳、保持架材料疲劳、润滑脂寿命等试验和研究。同时，带动我国轴承行业的技术进步，加快我国高速铁路轴承的国产化进程，促进我国铁路车辆制造业的自主创新。

（2）主要技术和经济指标

1）编制大型高速铁路轴承耐久性能、防水密封性能、防粉尘密封性能和综合性能试验技术规范。

2）研制出大型高速铁路轴承耐久性能试验台。试验轴承外径尺寸范围：ϕ200 ～ ϕ300mm；能在最大 206kN 的径向载荷、最大 30kN 的轴向载荷、最高转速 2 500r/min，或在最大 157kN 的径向载荷、最大 30kN 的轴向载荷、最高转速 3 000r/min 的条件下对两套（一对）轴承进行试验。

3）研制出大型高速铁路轴承防水密封性能试验台，能够模拟实际工况进行轴承防水密封性能试验。试验轴承外径尺寸范围 ϕ200 ～ ϕ300mm，最大转速 2 200r/min，最大径向载荷 206kN，最大轴向载荷 30kN，模拟温度范围 -30 ～ 80℃，对两套（或两对）轴承进行大型铁路轴承性能试验。

4）研制出大型高速铁路轴承防粉尘密封性试验台，能够模拟实际工况进行

轴承防粉尘密封性能试验。试验轴承外径尺寸范围 ϕ200 ～ ϕ300mm，最大转速 2 000r/min，最大径向载荷 300kN，最大轴向载荷 50kN，模拟温度范围室温至 100℃，对两套（或两对）轴承进行大型铁路轴承性能试验。

5）研制出时速 350km 大型高速铁路轴承综合性能试验台，试验轴承外径尺寸范围 ϕ200 ～ ϕ300mm，模拟最大风速 160km/h，在最大径向载荷 206kN、最高时速 300km，或在最大径向载荷 157kN、最高时速 500km 条件下，模拟实际工况，对两套（或两对）轴承进行大型铁路轴承的综合性能试验。

6）观测加交变载荷后的运转平稳性。

7）观测轴承在加载一定时间后，密封圈唇口的磨损、变形情况，密封及漏脂状态。

8）试验中时时显示和记录载荷、转速、温度、振动及电动机电流等参数的变化并能够打印输出。

（3）可获得的成果、知识产权和人才培养情况

1）申报国家专利 6 ～ 8 项，其中发明专利 4 项，实用新型专利 2 ～ 4 项；发表论文 10 ～ 15 篇。

2）通过课题研究培养研究生 15 ～ 20 名。

3）总结大型高速铁路轴承试验台的研制经验，编制出企业及行业试验技术标准。

5. 课题拟采取的研究方法，课题技术路线及其可行性分析

（1）项目总体技术路线　本课题通过产学研相结合，共同致力于高速铁路轴承试验台的研制。首先，收集国内外高速铁路轴承试验技术的相关资料，做好课题前期调研工作，掌握国内外关于高速铁路轴承试验技术及试验装备的第一手资料，然后通过分析轴承的使用工况和环境因素，确定轴承的试验方案。在与合作单位认真分析讨论的基础上，开展轴承试验台的方案设计，同时进行轴承试验台的数字样机设计与整体刚度计算机仿真计算，为轴承试验台的设计提供技术支持。轴承试验台的电气控制系统、液压系统及数据采集处理与分析系统，分别由在相关领域具有优势的合作单位承担，以充分利用协作单位的技术资源，保证高速铁路轴承试验台研制成功。试验台研制成功后，进行一定时间的轴承试验，积累试验数据，形成具有自主知识产权的高速铁路轴承试验规范，提高我国高速铁路轴承的设计与制造水平，加快高速铁路轴承国产化进程。大型高速铁路轴承试验台课题总体技术路线图如图 7-8 所示。

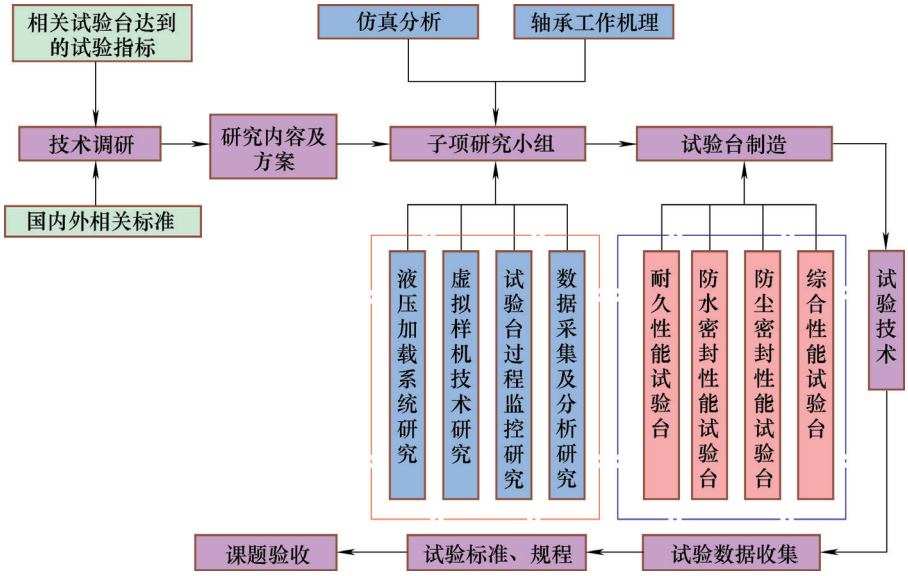


图 7-8　大型高速铁路轴承试验台课题总体技术路线图

（2）大型高速铁路轴承试验技术条件研究　与国外拥有先进高速铁路轴承试验技术与试验装备的轴承公司进行技术交流与合作，如瑞典 SKF 公司、德国 FAG 公司等。收集高速铁路轴承试验技术及试验机制造技术相关资料，借鉴其试验台制造成熟经验，为试验台的成功研制打下基础。通过与国内高速动车组制造单位的技术交流，掌握高速铁路轴承的安装形式、载荷形式，以及运行中路况、环境对轴承使用的影响。在借鉴国外铁路轴承试验技术和对高速铁路轴承使用工况综合分析的基础上，建立轴承试验数据库，确定轴承试验内容。

试验台研制成功后，通过一定时间的试验，采集大量试验数据，并与试验数据库的数据进行对比、分析，确定最终的试验规范。高速铁路轴承试验技术条件研究技术路线图如图 7-9 所示。

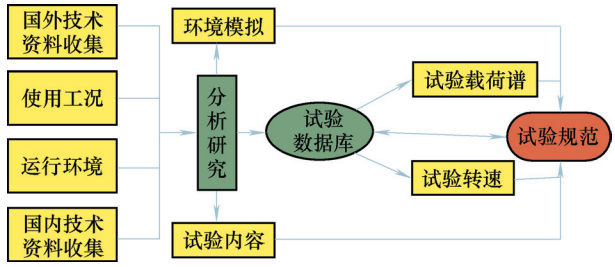


图 7-9　高速铁路轴承试验技术条件研究技术路线图

（3）高速铁路轴承试验台的虚拟样机技术与优化分析及计算机仿真　利用虚拟样机技术、有限元数值仿真和分析技术，设计和分析有关轴承试验台的强度、刚度、动态特性和疲劳性能，并进行试验台的运动学仿真，为试验台的设计和研制提供指导。

1）试验台几何模型与力学模型的建立。建立耐久性、防水密封、防尘密封和综合性能四种试验机的实体模型和力学模型。为提高效率，以及方便后续的结构优化设计，需要通过对 Pro/E、CATIA、SolidWorks 等三维造型与仿真软件进行二次开发，建立整机及其关键零部件可参数化驱动的实体模型；需要在对整机及其主要零部件结构分析的基础上，在 ANSYS 等有限元软件中建立整机及其主要零部件的力学模型。

2）试验台结构优化设计。利用 ANSYS 等有限元软件的优化模块进行试验台的优化设计，完成以整机及其关键零部件的强度、刚度和动力学特性为约束，以试验台质量最小为目标函数的结构优化设计。在完成试验台结构优化的基础上，进行运动学仿真和静力学、动力学分析，最大限度地满足性能要求，为试验台设计提供指导和修正。

3）试验台的静、动力学分析和运动学仿真。通过对试验台结构特点和工作时的负载特点的分析，生成各主要零部件力学模型上的载荷和约束，利用有限元分析方法，通过对试验台整机及其关键零部件的静力学和动力学分析，完成对刚度、强度校核和模态参数分析，检测其薄弱环节，确定其各阶模态振型、频率，以避免设计缺陷。对部件装配进行结构运动学仿真，校核部件运动轨迹，针对发现的问题及时修改模型尺寸等参数，以避免运动干涉。基于虚拟样机技术的试验台开发过程图如图 7-10 所示，轴承试验台结构优化分析与计算机仿真如图 7-11 所示。

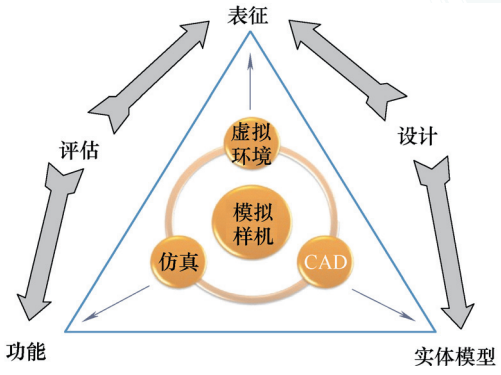


图 7-10　基于虚拟样机技术的试验台开发过程图

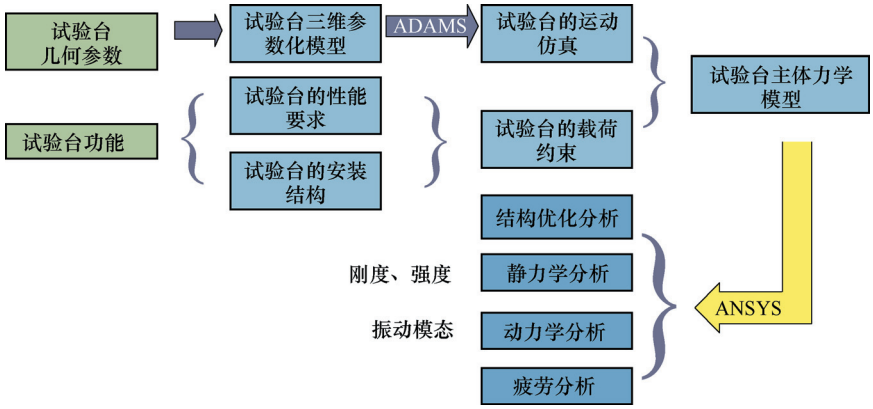


图 7-11　轴承试验台结构优化分析与计算机仿真

（4）高速铁路轴承试验台数据采集与监控分析系统　以闭环控制策略为主，采用 PLC 控制模式，实现被测信号的调理、数据采集，以及驱动单元和液压元件的控制。各轴承试验台所需测试的轴向载荷、径向载荷、振动及轴承温度等传感信号通过信号调理及传输模块接入数据采集卡，轴承转速、模拟风速等信号接入 PLC 控制单元，由温控仪表测量试验温度接入工控机，并根据采集的试验数据编制相应的数据处理分析软件和数据库系统。轴承试验台数据采集与监控原理如图 7-12 所示，轴承试验台监控系统框图如图 7-13 所示。

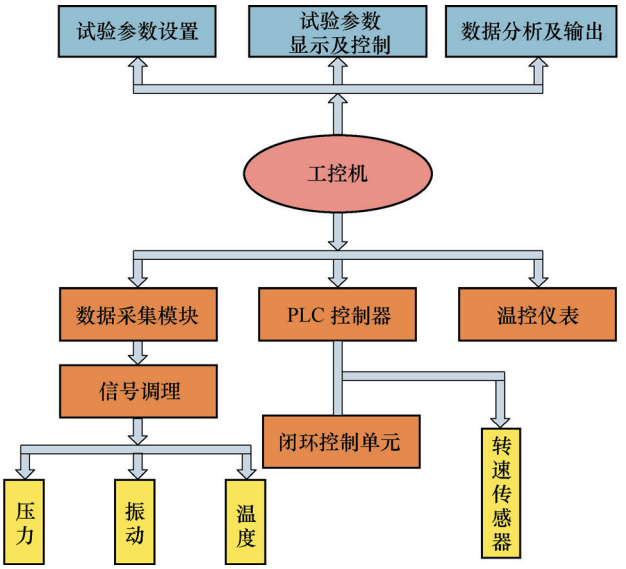


图 7-12　轴承试验台数据采集与监控原理

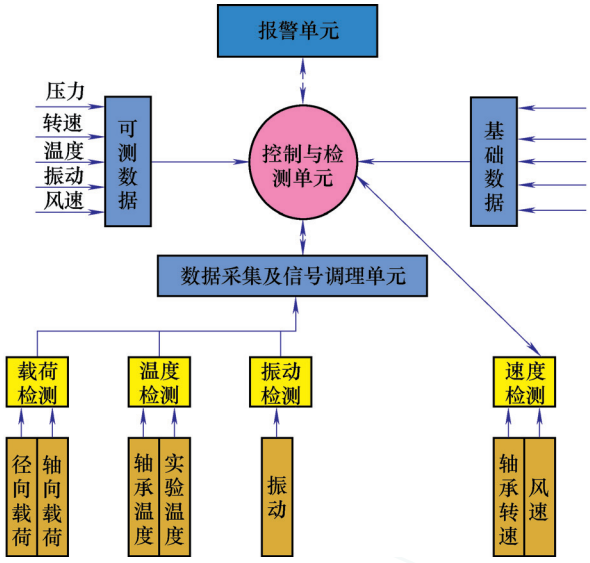


图 7-13　轴承试验台监控系统框图

（5）试验台方案设计

1）高速铁路轴承耐久性试验台的方案设计。根据高速铁路轴承的工况特性，仿真模拟耐久性能试验条件。建立可靠稳定的基础，在此基础上根据所要做的轴承耐久试验要求，布置支承装置和传动装置。其形式为：两套被试轴承安装在支承轴上且对称分布，动力装置通过减速器柔性地传递到支承轴上，使轴承转动；在两轴承支架内侧分别装有陪试轴承，径向载荷通过陪试轴承与支承轴间接地作用在被试轴承上；在轴承支架外侧轴向载荷分别直接作用在被试轴承上。高速铁路轴承耐久性试验台原理如图 7-14 所示。

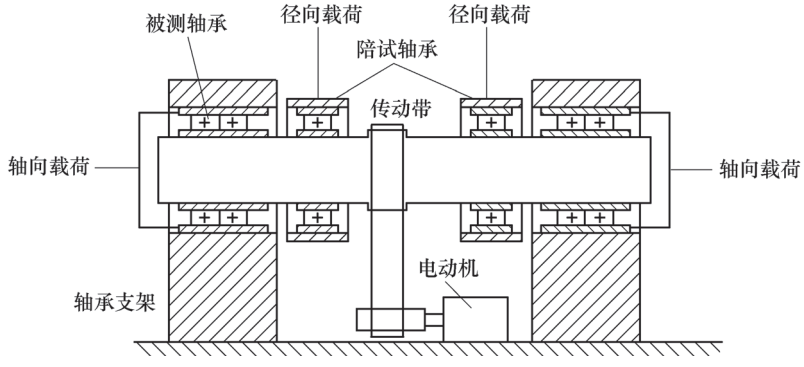


图 7-14　高速铁路轴承耐久性试验台原理

2) 高速铁路轴承密封性能试验机的方案设计。根据高速铁路轴承的工况特性，仿真模拟密封性能试验条件。建立可靠稳定的基础，其布局和动力传动装置以及加载形式同高速铁路轴承耐久性试验机类似。将被试轴承支承座安装在一密闭空间装置中，有不同的液体或粉尘通过传送装置输入其中，模拟工况。高速铁路轴承密封性能试验台的原理如图 7-15 所示。

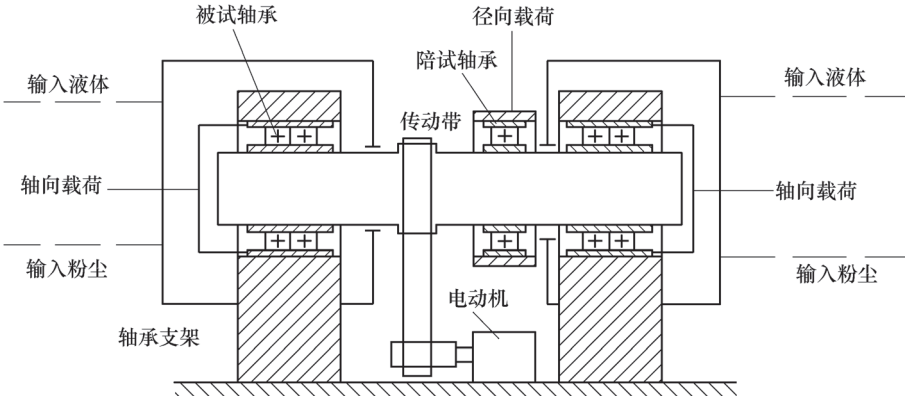


图 7-15　高速铁路轴承密封性能试验台的原理

3) 高速铁路轴承综合性能试验机方案设计。根据仿真模拟所得来的高速铁路轴承的工况特性，对轴承进行综合性能试验。试验台采用单独的模块化设计，独立驱动装置、动力装置、加载装置、控制装置、测量与数据处理系统和润滑系统等。根据高速铁路轴承的不同结构和要求，可组配成相应的试验方案，进行轴承设计验证试验、专项性能试验和综合性能试验。综合性能试验台原理如图 7-16 所示。

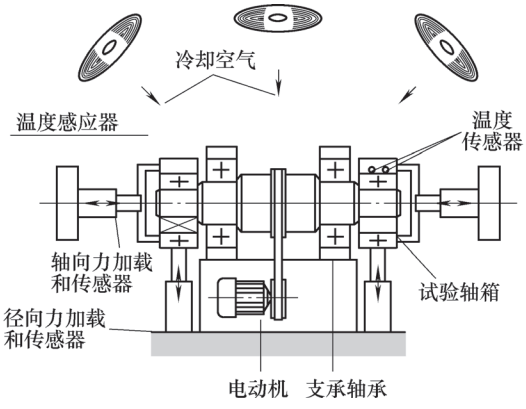


图 7-16　综合性能试验台原理

（6）高速铁路轴承试验台液压加载系统研究

1）高速铁路轴承耐久性能试验台和密封性能试验台的轴向载荷和径向载荷加载方式基本相似，分别由两个加载液压缸完成，其压力控制采用电液伺服阀完成，可产生交变载荷，形成一闭环控制。高速铁路轴承耐久和密封性能试验台液压加载系统原理如图 7-17 所示。

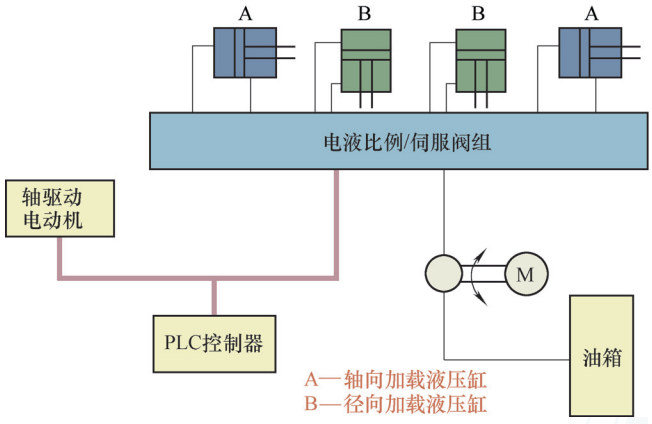


图 7-17　高速铁路轴承耐久和密封性能试验台液压加载系统原理

2）高速铁路轴承综合性能试验台对轴承不但要施加轴向载荷和径向载荷，还要有轮对在转向时轴承所受的偏载。所以要有三组加载液压缸完成，其压力控制也采用电液伺服阀完成，可产生交变载荷，形成一闭环控制。高速铁路轴承综合性能试验台液压加载系统原理如图 7-18 所示。

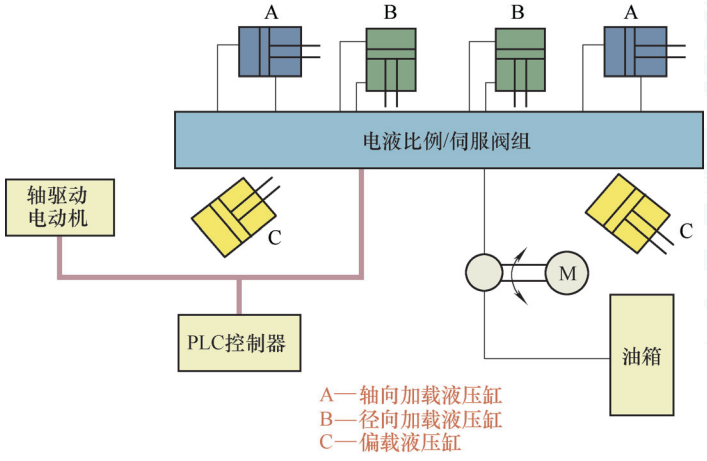


图 7-18　高速铁路轴承综合性能试验台液压加载系统原理

（7）高速铁路轴承可靠性试验技术研究　针对高速铁路轴承的高可靠性和复杂的工况条件，根据目前时速 200km 以下的铁路轴承大量试验和运行数据，分析疲劳剥落、永久变形、磨损、烧伤及电腐蚀等失效形式，利用轴承试验台模拟轴承的实际工况及环境条件，测试轴承的各项性能，采用振动法、温升法、噪声法和定期拆检法综合监控、分析轴承性能变化。结合轴承材料、制造精度、热处理、润滑情况及密封性能，对轴承寿命及可靠性进行评价。大型高速铁路轴承可靠性试验技术路线如图 7-19 所示。

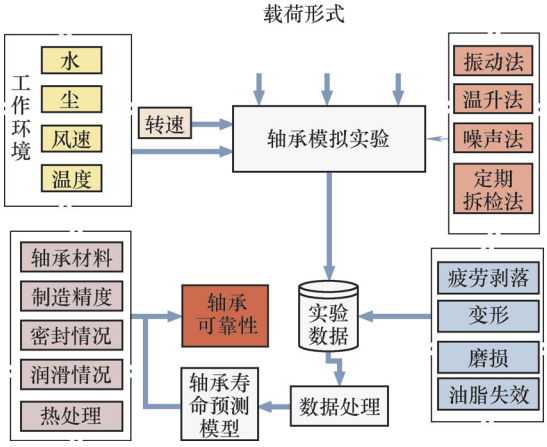


图 7-19　大型高速铁路轴承可靠性试验技术路线

（8）密封材料与结构研究　针对铁路轴承的特殊使用要求，设计相应的密封结构，通过密封性能试验，测试密封材料、结构及密封性能的优劣。通过一定的试验与数据积累，逐步研究出专用的密封材料及合理的密封结构型式，提高轴承的密封可靠性及轴承寿命。轴承密封防水、防尘性能研究技术路线如图 7-20 所示。

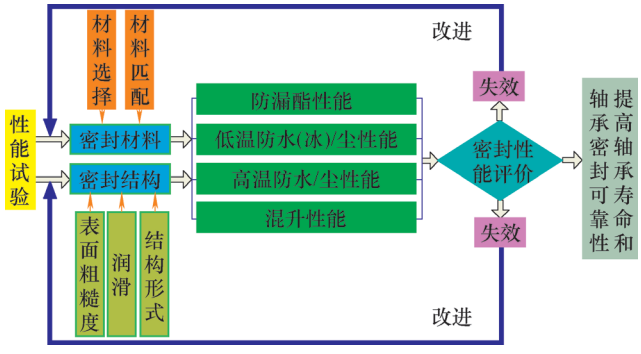


图 7-20　轴承密封防水、防尘性能研究技术路线

（9）开展轴承用金属材料和热处理工艺研究　收集目前国内铁路轴承用材料及国外铁路轴承用材料，通过化学分析与检测，选择主要元素含量、钢材纯净度不同的材料，同时进行不同的热处理工艺试验及轴承性能试验。统计分析各种参数对轴承寿命的影响，并选取最优参数来制定高速铁路轴承专用材料的技术要求和热处理规范。轴承材料与热处理研究流程如图 7-21 所示。

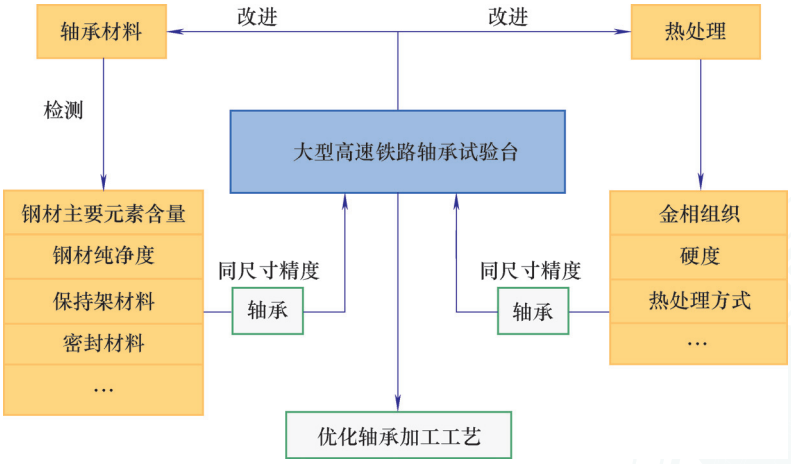


图 7-21　轴承材料与热处理研究流程

（10）润滑脂性能研究　目前，国内对高速铁路轴承用润滑脂有一定的研究，但还缺乏一些试验数据，通过在高速铁路轴承试验台上的试验，可以进行轴承润滑脂材料寿命评价，来保证轴承的可靠性和寿命。润滑脂性能研究技术路线如图 7-22 所示。

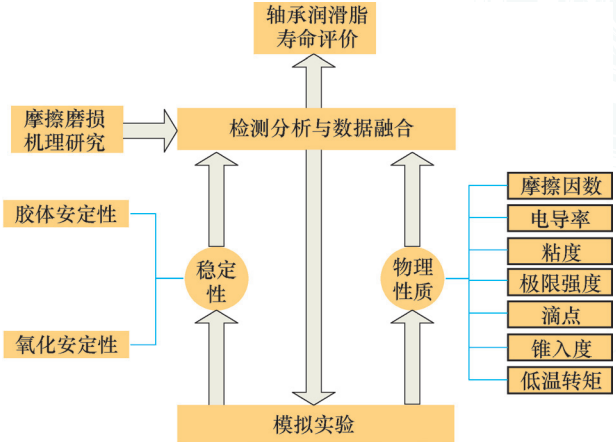


图 7-22　润滑脂性能研究技术路线

6. 技术路线可行性分析

本课题技术路线的实施由洛阳 LYC 轴承有限公司全面负责、督促，充分发挥青岛四方车辆研究所有限公司、中国铁道科学研究院、浙江大学和河南科技大学等协助单位的优势和强项。洛阳 LYC 轴承有限公司近年来开发了军用轴承和风力发电机轴承的试验设备，从中积累了大量的轴承产品的试验设计经验；青岛四方车辆研究所有限公司、中国铁道科学研究院近年来围绕着铁路轴承也研制了不同种类的试验机，自身又具有铁路轴承使用的理论和实际经验；浙江大学和河南科技大学与洛阳 LYC 轴承有限公司是产学研合作单位，有多年的科研项目的合作经验，他们在理论研究方面、控制和软件开发方面有着丰富的经验，尤其在仿真分析研究方面有着独到之处。因此，技术路线中的每个子项都有技术实力作保证，一环扣一环，形成了一条可靠的链条，完整可行。各方按照技术路线所指导的流程，明确分工，紧密联系，发挥各自优势，资源共享，共同努力保障本项目的顺利完成。

7. 课题的组织和分工

课题的组织和分工包括课题依托单位和协作单位的课题任务分工，课题实施的组织措施及其与重大项目总体目标的关系等。

（1）任务分工。本课题依托单位为洛阳 LYC 轴承有限公司，由青岛四方车辆研究所有限公司、中国铁道科学研究院、浙江大学和河南科技大学等单位协作完成。

本课题拟分解为以下五个研究子项，由上述课题依托单位和协作单位分工完成。

子项 1　高速铁路轴承试验台技术条件研究

研究高速铁路轴承试验载荷谱，根据试验载荷谱确定加载方式，编制加载规范，确定试验参数、测量与检查方法，制定不同模拟工况的试验技术条件。

子项 2　高速铁路轴承耐久性能试验台研制

分析高速铁路轴承的受载工况，研究确定轴承耐久性能试验台的结构型式，研究试验台加载、驱动、支承及传动方式，研究其实现方案。

子项 3　高速铁路轴承防水密封性能试验台研制

在分析轴承使用环境的基础上，研究确定轴承防水密封性能试验台的结构型式，构建并模拟轴承使用环境，同时模拟轴承实际环境条件，测试在不同温度和压力等环境条件下轴承的防水密封性能，利用虚拟样机技术，进行轴承试验台的运动学仿真，设计校核试验台的强度、刚度、动态特性和疲劳性能。

子项 4　高速铁路轴承防粉尘密封性能试验台研制

在分析轴承使用环境基础上，研究确定轴承防粉尘密封性能试验台的结构型式，构建并模拟轴承使用环境，同时模拟轴承实际环境条件，测试在不同温度和压力等环境条件下轴承的防粉尘密封性能，利用虚拟样机技术，进行轴承试验台的运动学仿真，设计校核试验台的强度、刚度、动态特性和疲劳性能。

子项 5　高速铁路轴承综合性能试验台研制

依据高速铁路轴承单元的载荷及起动、制动、转向等工况条件下的载荷特征，通过程序控制加载驱动软件对轴承加载，同时模拟列车运行时温度、湿度、风速等环境条件，对试验数据采集及处理分析，利用虚拟样机技术，进行轴承试验台的运动学仿真，设计校核试验台的强度、刚度、动态特性和疲劳性能。

（2）组织措施。本课题由洛阳 LYC 轴承有限公司、青岛四方车辆研究所有限公司负责，组织依托单位和协作单位的技术骨干成立项目攻关组，负责本项目的研究工作，落实项目约定支付的匹配经费和其他配套条件，协调并处理项目执行过程中的有关事项，负责督促、检查课题的执行情况，按时提交项目年度执行和进展情况报告，根据课题执行情况对课题进行相应调整，组织课题验收，并负责准备项目验收相关材料和向项目主管部门提出项目验收申请。

本课题以政府为引导，企业为主体，市场为导向，产学研相结合，构建新型产学研合作组织，集科研、设计、制造与产业化推进于一体，形成与市场紧密衔接的技术创新团队和国产化产业链。通过合作成员之间的优势互补和强强联合，搭建共性技术研发平台，集聚资源，集中目标，集成创新，形成布局合理、分工协作、配套齐全的技术创新链条和长效、稳定的利益共同体。

通过本课题的研究，将建成目前国内唯一的能够满足时速 350 ～ 500km 的大型铁路轴承试验室，其拥有的耐久性能试验台、防水密封性能试验台、防粉尘密封性能试验台及综合性能试验台，能够对大型高速铁路轴承进行耐久、防水密封、防粉尘密封和综合性能试验，同时还可以进行轴承寿命、轴承材料疲劳、保持架材料疲劳及润滑脂寿命等试验和研究。为大型高速铁路轴承的国产化替代提供试验数据和设计分析依据，使我国的铁路轴承试验技术达到国际先进水平。同时，带动我国轴承行业的技术进步，加快我国高速铁路轴承的国产化进程，促进我国铁路车辆制造业的自主创新。

高速铁路轴承国产化后每年可为国家节约大量外汇，同时也可以进入国外高速铁路轴承市场，具有非常广阔的市场前景。

7.4 高档数控机床轴承研发攻关㊀

7.4.1 高档数控机床轴承研发和产业化的必要性

机床工业是国民经济的基础装备产业，是装备制造业发展的重中之重，属于战略性产业。机床被喻为装备制造业工作母机，而数控机床是实现制造业现代化的关键设备，其拥有量及技术水平则是衡量一个国家综合实力的重要标志之一。数控机床作为现代制造业的主流加工设备，是机床工业的核心产品，已成为国际制造业和国防工业竞争的焦点。国家一直高度重视机床工业尤其是数控机床的发展，国务院《关于加快振兴装备制造业的若干意见》将数控机床列入重大技术装备，提出明确要求：发展大型、精密、高速数控装备和数控系统及功能部件，改变大型、高精度数控机床大部分依赖进口的现状，满足我国高端装备制造业发展的需要。

高档数控机床的关键核心技术之一是高速精密主轴系统。机床主轴驱动工件或刀具旋转，直接影响着机床的加工精度与加工效率。高速主轴技术是数控机床三大高新技术之一。主轴轴承技术不但是主轴系统关键技术，也是整个机床的核心技术之一。机床主轴系统由主轴、轴承和传动件等组成。主轴轴承作为机床主轴系统最关键组件之一，其类型、结构及速度适应性、旋转精度、刚性、抗振动切削性能、噪声、功耗、温升、热变形等直接影响到机床主轴的工作性能。由于国内 $d_m n$ 值高于 0.6×10^6mm·r/min 的高精度主轴轴承的研究与产业化的严重不足，致使 $d_m n$ 值在 $0.6\times10^6 \sim 1.0\times10^6$mm·r/min 区间的主轴轴承有 80% 被国外轴承企业垄断，$d_m n$ 值高于 1.0×10^6mm·r/min 的主轴轴承则完全由国外公司垄断。目前国内轴承企业对高档数控机床主轴轴承的研制尚未形成规模和生产能力，缺少原创性研发和核心技术支持；而国内高档数控机床大型企业迫切需要可以为其配套的精密主轴轴承，但由于受轴承企业技术能力的限制，90% 以上仍采用进口产品。为不断提高企业对市场的快速反应能力及竞争力，拥有原创型核心技术，减少供货周期和降低采购成本，国内各大机床企业力求对机床轴承进行国产化替代，对国产轴承性能提出了更高的要求。鉴于机床行业国内外的发展趋势及现状，对其配套的主轴轴承进行研发，实现自主创新产品的产业化生产，具有非常重要的战略意义及必要性。

近年来，伴随着我国装备制造业的快速发展，对高速、高精及高效的数控机床需求量大幅度增加。据国内机床市场统计，2010 年我国数控机床市场容量为 31 万台，轴承产值不少于 20 亿元。各大机床厂主机还在不断地增加，预测今后

㊀ 摘自瓦房店轴承集团公司《高档数控机床与基础制造装备》国家重大科技专项可行性研究报告。

5 年内我国数控机床需求量还将以 30% 左右的速度增长，具有广阔的开发前景。同时，高速精密机床轴承是轴承行业的高端产品，其技术含量位于轴承产品之首。对这类产品研发成功，不但可以打破我国高速精密数控机床轴承被国外垄断的局面，还可以将我国航天轴承、军工轴承及高速精密电机轴承的制造技术水平推上一个新台阶，其意义深远。综上所述，研发高性能机床主轴轴承并形成产业化生产已是势在必行。

7.4.2 高档数控机床轴承需求

1. 问题与差距

机床主轴驱动工件或刀具旋转，由主轴、轴承和传动件（齿轮或带轮）等组成。主轴是切削机床的关键部件之一，其性能决定了零件的加工精度、表面质量和切削效率等。

我国机床主轴轴承技术基础弱、底子薄、实力差，轴承落后于主机发展的瓶颈现象日益显现。近年来，虽然在技术引进、技术改造及科研开发等方面，国家给予了一定的支持，但与当前市场需求及国外水平相比，仍有不少差距。其主要表现为：缺少高速精密轴承自主知识产权和核心制造技术，产品更新换代周期严重落后于国外；轴承材料及工艺过程改进发展缓慢；专业化程度低，规模难以形成，经济效益差；核心科技研发力量薄弱，资金投入不足，技术进展缓慢等。

高速精密主轴轴承技术是高档数控机床的关键核心技术之一。我国高速精密机床轴承整体水平与国际水平存在着很大的差距，直接导致高档数控机床主轴配套轴承领域主要依靠进口的被动局面。其主要体现在以下几方面：

（1）高速轴承基础理论研究与应用基础研究。在基础理论研究方面，现行的轴承寿命计算是 20 世纪 40 年代提出的，随着技术的发展，特别是炼钢技术的极大提高，使得轴承的实际寿命比计算寿命长很多。同时，国外知名大型轴承企业在轴承的精度保持机制、材料因素、动态机理、润滑机理及寿命试验方法等方面根据多年的试验数据结果，总结出更完善的设计与制造技术标准，但这些都属于商业与技术机密，而国内在此方面的研究仍处于空白状态。

在理论应用方面，国内轴承企业的研发还处于传统设计水平，轴承研发基本停留在仿制和引进阶段，缺乏应用基础研究的有效支持。高等院校虽有一定的基础研究水平，但由于远离高端轴承制造前沿发展和缺少长期稳定的学术发展环境，缺少对轴承设计、制造、材料及装配等基础和创新技术的研究，而针对高性能轴承产品的研究则更少。例如：在轴承设计方面，包括轴承接触润滑设计理论、动

力学设计标准及精度保持机理等；在轴承制造工艺方面，包括材料热处理工艺、成形工艺、表面改性工艺、磨削工艺及超精加工工艺等，以及装配与服役技术等深层次的机理等。这样的研发水平已无法支撑和服务于快速发展的高端轴承产品对核心技术的要求。

（2）主要技术指标。

1）轴承温升过高。高速高精密轴承产品（$d_m n$ 值达 0.8×10^6mm·r/min）的温升是高速精密轴承的一项综合试验指标，有着非常复杂的设计与制造、材料与过程及安装与服役等机理性问题。以某企业轴承应用于宁波某机床厂斜床身数控卧式车床 HTM — TC25 的主轴（$d_m n$ 值为 0.6×10^6mm·r/min）为例，因台架试验轴承温升过高而被拒之门外；有的国内轴承厂家虽然轴承通过试验验收，但温升相比国外同类产品要高 15℃左右。

2）轴承精度储备不足。某机床厂生产的高精度磨齿机所用的主轴轴承 7016ETPAP2AQBCL，是比较典型的机床主轴轴承之一，一直由德国 IBC 轴承公司供货。该四联组配角接触球轴承，精度 P2A，转速 2 000r/min，其重要技术指标——径向跳动，国外 P2A 标准为 0.002 5mm，而检测其轴承径向跳动为 0.001mm 左右。国内精密轴承精度储备低，同类产品只能达到 0.002 5mm，无法完全满足客户要求，这也是国外轴承垄断市场的一项重要技术指标。提高精度等级，不仅是加工设备问题，而且是非常复杂的设计与制造过程问题。

3)轴承精度寿命低。精密轴承精度保持性蕴含着极为复杂的材料、设计、制造、表面工程及摩擦学等学科技术问题，反映一个国家工业基础研究与产业技术研究综合技术水平。在某机床厂调研获知，同类产品，日本 NSK 轴承的精度寿命一般为 3 ～ 5 年，而国内轴承精度寿命则只有 1～2 年。精度保持性低，这也是导致很多客户愿意使用昂贵的进口轴承的一个原因。

（3）实验室检测与试验方法　高端轴承研究包括应用基础研究和实验研究两个方面。其中实验研究始终是认识高端轴承复杂工作机理和创新技术发展的重要手段。众所周知，每一个基础理论的建立，以及每一个技术参数的选定，都需要大量的试验数据进行验证。作为保证轴承技术参数的重要手段，高水平的检测试验方法和先进的检测试验设备无疑是必不可少的。因此，一个高水平的高速轴承专用实验室就凸显重要。针对这种情况，瓦轴集团已经着手依托“国家大型轴承工程技术研究中心”建设高速精密轴承专用实验室。目前，$d_m n$ 值在 1.0×10^6mm·r/min 以内的试验正在逐步开展中。

面对我国大型轴承近十年来的制造技术积累，国家对轴承等基础零部件制造产业技术升级的推动和有力支持，以及制造业高速发展带来的机遇，面对国外大型轴承企业垄断高端轴承市场的挑战，发展高档精密数控机床轴承系列产品，必须建立新的概念，发展新的理论，产生新的技术和建立新的标准。我国大型轴承集团已经启动新的战略发展计划，以产品为载体，面向市场，全面推动产学研以及与机床主机厂家有机结合，成系列开发高端精密数控机床主轴轴承产品，全面提升产业技术水平，全面推动我国高端轴承产业技术与市场地位的快速发展。

2. 任务需求

高速、高精度的数控机床、加工中心等机床的主轴轴承，一般选用 P4 及以上超精密轴承。机床用主轴轴承通常包括深沟球轴承、角接触球轴承、圆柱滚子轴承、双向推力角接触球轴承、圆锥滚子轴承和推力轴承六种结构类型，滚珠丝杠副采用 60° 接触角的推力角接触球轴承。随着数控技术的快速发展，“复合、高速、智能、精密、环保”已成为当今机床工业技术发展的主要趋势，研发高速、高精度、高可靠性、高精度寿命、高功率密度、高动静刚性、低摩擦力矩、低温升、低功耗及低噪声的机床轴承是适应这一需求的关键。

国外机床主轴轴承生产厂家主要有瑞典 SKF 公司，德国 FAG 公司，日本 NSK、NTN 公司等，这些世界著名轴承公司均加快了抢滩中国轴承市场的步伐并均在中国合资或独资建厂，已形成相当大的生产能力。由此可见，国内竞争国际化、国际竞争国内化，轴承技术竞争与市场竞争将更为激烈，发展研究和掌握高速机床主轴轴承关键技术，开发具有自主知识产权的高端机床轴承产品迫在眉睫。

7.4.3 项目目标与主要研究内容

1. 项目研究目标

以高档数控机床列为国家科技重大专项为契机，面向国内高档数控机床关键基础件的应用需求，选择主要依赖于进口的高速、精密、高可靠性及重载高档数控机床配套轴承为研究对象，突破设计与制造核心关键技术，构建设计制造技术平台，形成轴承工业新一代的高速、精密、高可靠性及重载轴承产业及研发基地，提高我国高速精密主轴轴承自主研制和生产配套能力，提高产品创新研发和核心技术研发水平，产学研用结合，推动我国高速精密数控机床配套轴承的快速发展，替代进口，扩大市场占有率。

我国高速精密轴承在设计理论、制造水平、检测试验技术手段等方面与国外

先进技术水平相比存在很大差距。体现在轴承实物质量上：产品精度较国外轴承精度储备低，摩擦力矩高，轴承运转温升高、噪声大，轴承刚性阻尼性差，可靠性低，轴承质量及性能离散度大，精度寿命低。目前我国高档数控机床（高速高精密数控磨床、数控镗铣加工中心）使用的 $d_m n$ 值达 1×10^6mm·r/min 及以上。高精密长寿命主轴轴承主要依赖进口。“十二五”期间轴承企业应以此为目标，系列研发高速、高精密、高可靠性、长寿命主轴轴承并实现产业化。

根据以上所述的国内外高速机床主轴轴承技术的差距，针对国内高档机床主轴轴承市场大量与机床多样性需求，基于产品研发、产业化发展与市场支撑的相互关系，制定具体项目发展目标为：在“十二五”期间，开展对量大面广的 $d_m n$ 值在 1×10^6mm·r/min 以内的高档数控机床关键功能部件的主轴轴承产品成系列进行研发和产业化，通过精密主轴轴承产品技术研发水平的进步与升级，使国产轴承市场占有率达到 50% 以上，为在“十三五”期间开展 $d_m n$ 值达 2×10^6mm·r/min 以上高速精密机床主轴轴承系统的研发奠定关键技术与产业化发展基础。

具体产品方面为：研究高速数控立式、卧式车床，高速镗、铣床，高速立式和卧式加工中心配套用高速、高精密主轴轴承，精度等级为 P2，$d_m n$ 值在 1×10^6mm·r/min 以内；研究旋转工作台、面板、高精度数控镗床回转工作台配套用高精密轴向、径向组合轴承，精度等级不低于 P4A，轴向和径向跳动小于 0.003mm；研究重型精密数控机床配套用大型高精度、重载主轴轴承，精度等级不低于 P4，轴向和径向跳动小于 0.01mm 等。

2. 项目研发内容及考核指标

我国轴承制造业应抓住我国高档数控机床快速发展，其关键零部件的主轴轴承需求量大的机遇，迎接跨国轴承公司垄断国际高端轴承市场，抢滩我国高端轴承市场的挑战。基于机遇和挑战并存的形势，依据上述战略发展目标，对高档数控机床主轴轴承进行系列开发，通过产业化技术研发，占领技术制高点，为迅速大幅度提高我国高档数控机床轴承自主化率而奋力拼搏。国家重大科技专项“高档数控机床与基础制造装备”对高档数控机床轴承的产业化研发高度重视，各企业应按重大专项的统筹安排，开展如下重要系列产品项目的产业化研发：

课题一　典型数控车床主轴轴承系列产品研发项目

车床占有量为机床的 50% 以上。

典型数控机床名称：某大型机床企业生产的卧式车床 HTC 系列、立式车床

VTC 系列及普及型 CAK 系列等高档数控车床，另有某机床企业的斜床身 DL 系列及平床身 CL 系列数控车床。

最大加工直径：500mm。

机床主轴转速：1 400 ～ 8 000r/min。

主机要求：主轴跳动≤ 0.001mm，定位精度≤ 0.01mm，重复定位精度≤ 0.005mm。

主轴轴承类型如下：

（1）双列圆柱滚子轴承系列　适用于对刚度要求很高的主轴，内径有直孔和锥孔两种，为了更好地调整游隙，采用锥孔的较多。轴承形式上有内圈带双挡边的 NN 型和外圈带双挡边的 NNU 型。多采用 NN30 系列，为了更有利于降低噪声与提高转速而应用滚动体引导的特种尼龙保持架，采用两锁点的保持架是研究的方向。

转速范围：3 000 ～ 8 000r/min。

精度等级：P4、P4A、P2。

径向跳动：0.002 5 ～ 0.005mm。

精度寿命：30 000h。

温升指标：＜ 35℃。

尺寸范围：内径 50 ～ 200mm，外径 80 ～ 310mm，宽度 20 ～ 90mm。

主要性能指标：噪声、刚度、转速。

（2）双向推力角接触球轴承　作为车床主轴的推力轴承，要求其具有高速、高刚性的特性。接触角为 60°。2344 系列与 NN30 系列并用组成主轴前端支承。根据主轴刚度的不同，要求预紧力分七种。大部分采用铜保持架，但采用特殊的尼龙保持架，对发热噪声的降低是最好的研究方向。预紧力与刚度、发热的关系，也是提高 $d_m n$ 值的研究方向。

转速范围：1 400 ～ 3 000r/min。

精度等级：SP、UP。

轴向跳动：0.004 ～ 0.008mm（依靠零件保证）。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

温升指标：＜ 35℃。

尺寸范围：内径 100 ～ 300mm，外径 150 ～ 420mm，宽度 60 ～ 164mm。

主要性能指标：刚度。

（3）角接触球轴承　适合于高速运转，接触角分为 15°、25° 和 30° 等；有 71800、71900、7000、7100 及 7200 等不同系列。国内一般分为轻、中、重三种预紧方式，NSK 公司则有四种预紧方式。选择合适的预紧载荷，研究轴承内部主参数与预紧的关系，研究预紧与刚度及发热的关系，是替代进口、产生高附加值的关键。

转速范围：3 000 ～ 8 000r/min。

精度等级：P4、P4A、P2。

径向跳动：0.001 ～ 0.005mm。

配对要求：单、双（DF 面对面、DB 背对背、DT 串联）、三联、多联。

精度寿命：30 000h。

温升指标：＜ 30℃。

尺寸范围：内径 60 ～ 160mm，外径 85 ～ 300mm，宽度 18 ～ 100mm。

关键性能：转速、温升、噪声、刚度、精度。

课题二　精密铣镗加工中心配套主轴轴承系列产品研发项目

精密铣镗床占有量为机床的 10% 以上。随着高档数控铣镗加工中心的不断研制，出现了大转矩、多轴联动的铣、镗、钻及攻螺纹等高性能精密加工中心，对与其配套的轴承的性能如高精度、高速、高刚性的要求也越来越高。

典型数控机床名称：某机床厂 TPX 系列与 AH 系列。

最大加工直径范围：500 ～ 2 500mm。

机床主轴转速：≤ 6 000r/min。

主机要求：主轴跳动≤ 0.002mm，定位精度≤ 0.01mm。

主轴轴承类型系列如下：

（1）双列圆柱滚子轴承系列　内径有直孔和锥孔两种，采用锥孔的较多。轴承形式上有 NN 型和 NNU 型，采用 NN 型的较多。在薄壁系列中，宽度较大的 NN49 系列，窄宽度 NN39 系列更有优势，采用的比较多；上述产品一般采用滚子引导的铜保持架。此类轴承采用滚动体引导的特种尼龙架，更有利于降低噪声；采用两锁点的保持架也是主要研究方向。

转速范围：1 000 ～ 6 000r/min。

精度等级：P4、P4A、P2。

径向跳动：0.002 5 ～ 0.005mm。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

温升指标：＜ 35℃。

尺寸范围：内径 110 ～ 340mm，外径 150 ～ 540mm，宽度 40 ～ 150mm。

主要性能指标：噪声、刚度。

（2）双向推力角接触球轴承　高档数控铣镗加工中心经常采用此类型的 2349 系列轴承与 NN49 系列配合使用，适用于主轴的高速、高刚性的要求，接触角为 60°。根据主轴刚度的不同要求预紧力分七种。因为铣镗加工中心主轴的高转矩要求，使得其主轴刚度大于车床主轴。大部分采用铜保持架，但采用特殊的尼龙保持架，对发热噪声的降低是最好的研究方向。预紧力与刚度、发热的关系也是研究的方向。

转速范围：1 000 ～ 2 000r/min。

精度等级：SP、UP。

轴向跳动：0.004 ～ 0.008mm（依靠零件保证）。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

温升指标：30 ～ 40℃。

尺寸范围：内径 100 ～ 300mm，外径 150 ～ 420mm，宽度 70 ～ 180mm。

（3）圆锥滚子轴承　具有刚性好、承载能力高、安装便捷等特点，一般配对使用，用于铣镗加工中心平旋盘。通过内部结构优化与特殊材料与加工工艺的研究，提高精度等级，提高极限转速，降低噪声是替代进口的关键。

转速范围：700 ～ 2 000r/min。

精度等级：P4、P2。

径向跳动：0.001 ～ 0.005mm。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

温升指标：＜ 40℃。

尺寸范围：内径 150 ～ 340mm，外径 225 ～ 460mm，宽度 48 ～ 76mm。

（4）角接触球轴承　适合于高速运转、高刚度的 71900 系列多联角接触球轴承，应用于大转矩、高转速精密铣镗加工中心的主轴支承。为了满足铣镗加工中心的发展，研制多联组配，特殊结构与材料的保持架，研究轴承滚道涂层技术成为适应机床新要求的关键。

转速范围：2 000 ～ 5 000r/min。

精度等级：P4、P4A、P2。

径向跳动：0.001 ～ 0.005mm。

配对要求：双联、三联、多联。

精度寿命：30 000h。

温升指标：＜ 25℃。

尺寸范围：内径 80 ～ 160mm，外径 100 ～ 300mm，宽度 18 ～ 100mm。

关键性能：转速、温升、噪声、刚度、精度。

课题三　高速铣床配套主轴轴承系列产品研发项目

铣床占有量为机床的 5% 以上。随着高档数控铣床的不断研制，对与其配套的轴承的性能要求也越来越高。

典型数控机床名称：某机床厂 XD 系列。

最大加工范围：300 ～ 6 000mm。

机床主轴转速：5 000 ～ 10 000r/min。

主机要求：主轴跳动≤ 0.002mm，定位精度≤ 0.01mm。

主轴轴承类型系列：角接触球轴承系列。适合于高速运转。接触角为 15°、25°，多采用 7000 系列。选择合适的润滑结构，研究轴承内部主参数与预紧的关系，研究预紧与刚度及发热的关系，是替代进口，产生高附加值的关键。

转速范围：5 000 ～ 10 000r/min。

精度等级：P4、P4A、P2。

径向跳动：0.001 ～ 0.005mm。

配对要求：单、双（DF 面对面、DB 背对背、DT 串联）。

精度寿命：30 000h。

温升指标：＜ 20℃。

尺寸范围：内径 30 ～ 100mm，外径 50 ～ 150mm，宽度 15 ～ 60mm。

关键性能：转速、温升、噪声、精度。

课题四　高速精密数控磨床主轴轴承系列产品研发项目

磨床占有量为机床的 20% 以上。随着高档数控磨床的不断研制，对与其配套的轴承的性能如高精度、高速、高刚性的要求也越来越高。

典型数控机床名称：例如 Y7000A、YK7000 等系列。

机床主轴转速：2 000 ～ 7 000r/min。

主机要求：主轴跳动≤ 0.002mm，定位精度≤ 0.01mm。

主轴轴承类型：角接触球轴承。适合于高精度、高刚性、高速运转。接触角为 15°、25°，主要应用 7000、7200 系列。选择合适的预紧载荷与润滑方式，

研究多联组配技术，研究轴承内部主参数与预紧的关系，研究预紧与刚度及发热的关系，是替代进口，产生高附加值的关键。

转速范围：2 000 ～ 7 000r/min。

精度等级：P4、P4A、P2。

径向跳动：0.001 ～ 0.005mm。

配对要求：双（DF 面对面、DB 背对背、DT 串联）、多联。

精度寿命：30 000h。

温升指标：＜ 20℃。

尺寸范围：内径 60 ～ 160mm，外径 85 ～ 300mm，宽度 18 ～ 100mm。

关键性能：精度、温升、噪声、刚度。

课题五　高速车铣加工中心主轴轴承系列产品研发项目

典型数控机床名称：某机床厂 CHD20、CHD-25 高速车铣加工中心。

加工直径范围：500 ～ 800mm。

机床主轴转速：1 000 ～ 8 000r/min。

主机要求：主轴轴向跳动，径向跳动≤ 0.006mm。

轴承类型系列：

（1）双列圆柱滚子轴承系列　内径有直孔和锥孔两种，采用锥孔的较多。针对车铣复合加工中心的高转速要求，采用特殊设计的轴承结构形式，如 NN 型和 NNU 型改进型。保持架通常研究采用更先进的材料和结构，以适应此类型加工中心对精密轴承的性能要求，例如 PEEK 保持架等。

转速范围：1 000 ～ 6 000r/min。

精度等级：P4、P4A、P2。

径向跳动：0.002 5 ～ 0.005mm。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

温升指标：30 ～ 40℃。

尺寸范围：内径 110 ～ 340mm，外径 150 ～ 540mm，宽度 40 ～ 150mm。

主要性能指标：噪声、刚度。

（2）角接触球轴承　适合于高速运转，目前由日本 NSK 公司垄断，选用其特殊设计的 BNR、BER 系列高速推力角接触球轴承。选择合适的预紧载荷，研究轴承内部主参数与预紧的关系，研究预紧与刚度及发热的关系，是替代进口，产生高附加值的关键。

转速范围：3 500 ～ 8 000r/min。

精度等级：P4、P4A、P2。

径向跳动：0.001 ～ 0.005mm。

配对要求：双联、四联。

精度寿命：30 000h。

温升指标：＜ 15℃。

尺寸范围：内径 60 ～ 160mm，外径 85 ～ 300mm，宽度 18 ～ 100mm。

关键性能：温升、噪声、刚度、精度。

课题六　重型数控立式车床、卧式车床工作转台及主轴轴承系列产品研发项目

此系列机床主轴与工作台配套轴承，因为轴承尺寸大、精度高，国外一直对我国进行技术封锁。我国需在轴承内部结构、材料热处理、特殊材料及大型轴承工艺改进等方面进行研究，并开发高仿真计算机模拟程序对轴承选型、受力与寿命等方面进行前期模拟分析。

典型数控加工中心名称：某重型机床厂 180 和 250 系列等。

加工直径范围：500 ～ 4 000mm。

机床主轴转速：30 ～ 200r/min。

主机要求：主轴轴向跳动，径向跳动≤ 0.006mm。

轴承类型系列：

（1）大型推力滚子轴承　安装于立式车床的旋转工作台，能承受较大的轴向力。一般为采用轻系列轴承，保持架一般由盖座组成，也有一体方孔保持架。高转速及保持架的引导方式是研究的方向。产品分为 811、812、817 等系列。

转速范围：30 ～ 200r/min。

精度等级：P4、P4A。

轴向跳动：0.002 ～ 0.005mm。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

温升指标：＜ 40℃。

尺寸范围：内径 560 ～ 2 100mm，外径 820 ～ 2 800mm，宽度 120 ～ 200mm。

（2）大型角接触球轴承　安装于立式车床的旋转工作台主轴，用作工作台定心轴承，而承受径向力。一般为 7000 系列，单列使用，要求精度高。

转速范围：60 ～ 200r/min。

精度等级：P4、P4A。

径向跳动：0.002 ～ 0.005mm。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

温升指标：＜ 30℃。

（3）大型圆柱滚子轴承　安装于立式车床主轴，主要承受径向载荷，要求高精度的 NN、NNU 系列。

转速范围：100 ～ 500r/min。

精度等级：P4、P4A。

轴向跳动：0.002 ～ 0.005mm。

精度寿命：20 000h。

温升指标：＜ 30℃。

课题七　数控机床精密圆分度工作台轴承系列产品研发项目

对于数控立式镗床、磨床、大型滚齿机等的工作台，由于工作空间受限，旋转重心要求尽可能低，回转精度却要求很高。对于这种特殊的工况应研制特殊的轴承。

典型机床名称：某机床厂的 VTM 系列加工中心和某重型机床厂的 31 系列大型立式滚齿机。

回转直径：500 ～ 4 000mm。

机床主轴转速：＞ 50 ～ 200r/min。

轴承类型系列：

（1）精密交叉圆锥滚子轴承　该类轴承由两组滚道和若干个圆锥滚子，相互成直角组合，圆锥滚子交错相对，因此具有最大回转精度、高稳定性、高刚度及高倾覆力矩等特点。

转速范围：50 ～ 200r/min。

精度等级：P4、P2。

轴向跳动：＜ 0.006mm。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

尺寸范围：内径 200 ～ 1 600mm，外径 280 ～ 1 800mm。

（2）精密交叉圆柱滚子轴承　该类轴承具有两组滚道和若干个圆柱滚子，相互成直角组合，圆柱滚子交错相对的 HJB 系列，因此具有最大回转精度、高稳定性、高刚度及高倾覆力矩等特点。

转速范围：50 ～ 200r/min。

精度等级：P4、P2。

轴向跳动：＜ 0.008mm。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

尺寸范围：内径 500 ～ 1 060mm，外径 600 ～ 1 800mm。

课题八　数控机床滚珠丝杠支承轴承系列产品研发项目

车床的加工工件质量取决于车刀的进给精度。对轴承要求精度特别高，以便保证进给系统的精确性。

典型数控机床名称：某机床厂卧式车床、立式车床等系列高档数控车床。

最大加工直径范围：500 ～ 4 000mm。

主机要求：进给精度≤ 0.01mm。

轴承类型系列：推力角接触球轴承。轴承为 76000 系列，接触角为 60°，轴向刚度较大。起动力矩小，可实现低驱动力、高精度运转。保持架结构、材料特殊，具有低起动力矩、噪声低、精度高及刚性好的特点。预紧和精度是研究的方向。

转速范围：1 800 ～ 4 000r/min。

精度等级：P4、P2。

轴向跳动：＜ 0.002 5mm。

配对要求：双（DF 面对面、DB 背对背、DT 串联）、多联。

精度寿命：30 000 ～ 40 000h。

温升指标：＜ 15℃。

尺寸范围：内径 15 ～ 60mm，外径 47 ～ 120mm，宽度 15 ～ 20mm。

课题九　高档数控磨齿机转台轴承系列产品研发项目

齿轮的加工精度决定传动的精度，高档数控磨齿机的研发需要与之相应的 MRTC 一系列轴承代替进口的 RTC 轴承。

典型数控机床名称：高速磨齿机。

最大加工直径范围：500 ～ 1 000mm。

机床性能：磨齿精度高于 7 级。

主轴轴承类型系列：MRTC 高精密转台组合轴承。高精密转台组合轴承由双向推力轴承和一列向心轴承组成，承受双向轴向载荷和附加径向载荷及安装力矩。双向推力轴承由两个推力滚道、两列推力滚子（或滚针）和保持架组成，装配后

预加载荷；向心轴承满装圆柱滚子，预加载荷。

转速范围：100 ～ 500r/min。

精度等级：P4、P2。

径向跳动：0.003 ～ 0.006mm。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

温升指标：＜ 30℃。

尺寸范围：内径 200 ～ 460mm，外径 300 ～ 600mm，宽度 45 ～ 70mm。

性能指标：刚度、摩擦力矩、旋转精度。

课题十　高精度数控机床高速电主轴系列轴承研究项目

由于电主轴转速高、体积小、质量轻、用量大，广泛用于磨床、钻床、数控铣床和加工中心机床。主轴支承方式主要采用系列配对角接触球轴承。电主轴的精密轴承是核心部件之一，精度或精度保持度要求较高，当前国内多采用 SKF、IBC、NSK、FAG 等国外知名轴承企业的轴承，嵌入电主轴系统发展电主轴产品。因此，自主创新，突破精密电主轴轴承技术，推动国产化技术研发及实施市场主流型号部分替代进口，具有重要的产业化发展意义。

典型数控机床名称：高速磨齿机或内外沟道磨床。

最大加工直径范围：200 ～ 1 000mm。

主轴输出功率：中等功率范围。

主轴转速：2 000 ～ 20 000r/min。

机床性能：磨齿机精度高于 7 级，平面磨平面度＜ 0.005mm。

主轴轴承类型系列：高速角接触球轴承。适合于高速运转，接触角为 15°、25° 等，有 71800、71900、7000、7100、7200 等不同系列。分为轻、中、重三种预紧方式，一般电主轴要求刚度非常高，常选用中预紧方式。选择合适的预紧载荷，研究轴承内部主参数与预紧的关系，研究预紧、刚度及发热的关系，是替代进口，产生高附加值的关键；同时，需要采取新的概念或方法，开展高速、高精度、高刚度及润滑等关键技术研究。

转速范围：2 000 ～ 20 000r/min。

精度等级：P4、P4A、P2。

径向跳动：0.001 ～ 0.003mm。

配对要求：单、双（DF 面对面、DB 背对背、DT 串联）、三联。

精度寿命：20 000 ～ 30 000h。

温升指标：＜ 15℃。

尺寸范围：内径 25 ～ 80mm，外径 52 ～ 110mm，宽度 15 ～ 20mm。

关键性能：温升、噪声、刚度、精度。

课题十一　大型专用轴承

立式车床工作台主轴轴承：规格 560mm×820mm×195mm 和 800mm×1200mm×250mm，精度为 P2 级。

落地铣镗床主轴双列圆柱滚子轴承：ϕ180 ～ ϕ300mm，精度 SP 级以上。

龙门镗铣床铣头 C 轴双向组合轴承：ϕ395mm×520mm，精度 P4 级以上。

重型卧式车床主轴箱双列推力圆柱滚子轴承：ϕ1 000mm，精度 10μm 以内。

课题十二　高速、高刚度大功率电主轴及驱动装置

系列化内装电动机、驱动装置及电主轴开发中，最大功率规格额定功率≥ 50kW（20 000r/min），最高转速≥ 40 000r/min(18kW)，具有电主轴轴承动态预紧力调整功能，平均无故障运行时间≥ 5 000h，主轴回转精度＜ 1.5μm，电主轴系统刚度≥ 150N/μm（40 000r/min）和 300N/μm（20 000r/min），动平衡精度 G0.4 ～ G1.0 级，保持功率不变，转速可以变化的范围＞ 1 ∶ 4，高精度 C 轴位置控制，高分辨率编码器接口，具有两种以上的现场总线接口。

7.4.4　产业化技术路线

1. 项目研发

制定研发方案，进行设计与制造过程、材料与工艺过程及装配与服役过程的研究。开展精密主轴轴承的材料、热处理技术、表面质量、疲劳试验、精度试验、温升试验、润滑试验、油脂或润滑油试验等精度保持机制研究。

(1) 高档数控机床主轴轴承的结构形式研究

(2) 轴承刚性及摩擦性能研究

1) 转速与温升。

2) 刚度和抗振性。

3) 微观形貌、复杂物理因素与隐含因素对精度保持机制的影响规律。

4) 高速机床轴承润滑方式的研究。

5) 密封结构和密封材料的研究。

(3) 轴承材料工艺过程及其性能研究

1) 通过对高速轴承所用材料的研究，制定高速轴承材料专用标准。

2) 对高速轴承所用材料的热处理工艺进行重新论证，制定专用热处理标准。

3) 开展材料表面处理与精度寿命相关性研究，研究新方法、新工艺。

(4) 寿命及承载能力研究

1) 轴承结构与寿命的相关性研究。

2) 轴承滚动接触刚度、寿命和承载能力的研究。

3) 轴承表面质量与寿命相关性研究。

4) 轴承润滑与寿命的相关性研究。

5) 载荷、冲击载荷与轴承寿命的相关性研究。

6) 轴承钢组织与寿命相关性研究。

(5) 轴承智能技术研究

(6) 轴承加工工艺及装配技术研究

1) 备料与锻造工艺及装备研究。

2) 车工工艺及装备研究。

3) 热处理工艺研究。

4) 磨工工艺及装备研究。

5) 超精工艺、超精材料和超精装备研究。

6) 装配工艺研究。

2. 实验室条件建设

建设适应于不同结构类型、尺寸、载荷、精度及速度范围等要求的现代化高档数控机床主轴轴承多功能实验室，包括：轴承精度检测室、寿命实验室、振动噪声检测室、材料、物性检测室、润滑检测研究室，以便于振动、温升、润滑、接触、刚度及精度等方面的实验顺利进行。

3. 检测实验

精密检测和动态测试技术是不可忽视的重要保障。需要采购、自制和研发先进检测实验设备，建立相应的精密检测和数据处理实验室。精密检测和动态测试技术包括：表面拓扑结构及其频谱分析、运动与载荷工况分析、动态响应及润滑剂减振等。研发任务包括：变载、变速精密轴承精度寿命模拟试验机的研发；振动噪声检测系统的研发；润滑、密封性能评估系统的研发；轴承故障诊断专家系统研发。

4. 研究平台与产学研合作

将国家大型轴承工程技术研究中心建设与 2011 年启动的国家重大基础研究计划“高性能轴承基础研究 973 项目”、建设中的学术－工业联盟机制和高速高

效加工工艺与装备技术创新联盟等结合起来，充分发挥基础研究基地和创新技术发展两大基地建设的作用，同时进行必要的高素质研究队伍研发力量的投入。

5. 产业化技术

为了产业化技术的发展，需要与沈阳机床集团、大连机床集团及北京一机床等一批国内大中型机床制造企业集团建成战略合作伙伴，为主机厂家提供装机试验轴承，并进行大量装机试验和试验跟踪，及时反馈试验数据。

6. 产业化能力

需要建设精密机床主轴轴承生产基地，购置和自制精密加工设备，形成能够进行精度高达 P2A 级加工能力和较大精度储备的制造能力。

7.5 风电轴承研发攻关

7.5.1 风电轴承技术要点

1. 偏航、变桨轴承

偏航轴承安装于塔筒顶端、机舱底部，承载风机主传动系统的全部重量，用于准确适时地调整风机的迎风方向。变桨轴承将桨叶和轮毂结合在一起，根据风向，调整桨叶迎风角度达最佳状态。

偏航和变桨轴承要有足够的强度和承受轴向力、径向力和倾覆力矩联合作用的能力，要求运行平稳，起动力矩小，润滑、防腐及密封性能好。

偏航轴承的结构形式主要有两种，单列四点接触球转盘轴承（无齿式、内齿式、外齿式）和双列四点接触球转盘轴承（无齿式、内齿式、外齿式）。变桨轴承多采用双列同径四点接触球转盘轴承（无齿式、内齿式）。偏航、变桨轴承结构示意图如图 7-23 所示。

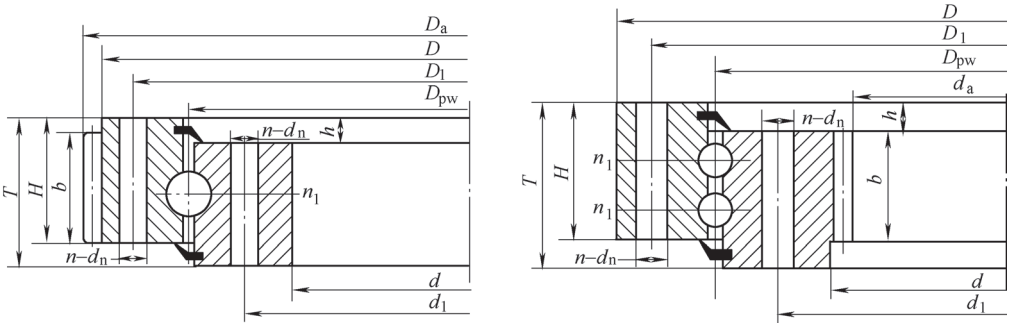


图 7-23 偏航、变桨轴承结构示意图

偏航、变桨轴承是特大型转盘轴承，外径 D=1.5 ～ 3.5m，质量为 0.5 ～ 3t。

（1）原材料　现行标准规定偏航、变桨轴承套圈采用普通合金结构钢 42CrMo，钢球采用普通 GCr15、GCr15SiMn 轴承钢。应尽快制定中碳铬轴承钢国家标准，对包括制造风电偏航、变桨轴承的特种用途的中碳轴承钢的化学成分、氧含量、非金属夹杂物和碳化物的大小、形状和分布状态作定量控制。钢球应采用优质或高级优质 GCr15、GCr15SiMn 钢。

（2）锻造　严格按工艺规范，控制加热温度、始锻温度和终锻温度，防止过热、过烧。锻造后调质、正火或退火必须严格按工艺规范执行。锻件若为外购件或外协加工件，应采取有力度的措施，加强对外协、外购件的质量控制。

（3）热处理　为确保套圈滚道和齿轮齿面、齿根的表面淬火硬度、有效硬化层深度达到标准要求，控制软带宽度，防止变形和裂纹，必须对加热感应器的形状、与被加热面的距离、相对运动的速度、冷却液的成分、冷却液流量等工艺参数反复试验优化。通过热处理，要达到低温（-20℃）冲击吸收功 A_{KV} 不小于 27J。

（4）滚道精加工　淬火后滚道的精加工有两种方式：精磨、精车。究竟哪种方式为最佳，众说不一，尚需进一步探讨。精车的加工精度没有精磨的高，但精车可以防止磨削裂纹的产生，没有磨削变质层。磨削加工双列四点接触球转盘轴承时，两个滚道应一次加工，最好用金刚石滚轮对砂轮一次进行修整，以保证两个滚道的大小和位置的一致性。

（5）游隙控制　由于偏航、变桨轴承要承受不定风力所产生的冲击载荷，为减小在振动情况下滚动工作面的微动磨损，变桨轴承的轴向游隙为零游隙或稍负游隙，偏航轴承的轴向游隙为 0 ～ 50μm 的小游隙。小游隙和负游隙必然增大起动摩擦力矩。应采取工艺措施，使游隙和起动摩擦力矩均能达到使用要求。

（6）长效防护　因偏航、变桨轴承部分裸露在外，其外径需热喷涂纯铝或纯锌进行防护。为防止轴承内部润滑脂泄漏，防止外界杂质、水分侵入，采用丁腈橡胶制造的压板组合接触式密封圈对轴承进行密封。

2. 主轴轴承

主轴起支承轮毂及叶片、传递转矩到增速器的作用，主轴轴承主要承受径向力，要求具有良好的调心性能、抗振性能和运转平稳性。主轴轴承一般采用调心滚子轴承，大功率风机采用大锥角双列圆锥滚子轴承或三列圆柱滚子轴承。主轴轴承结构如图 7-24 所示。

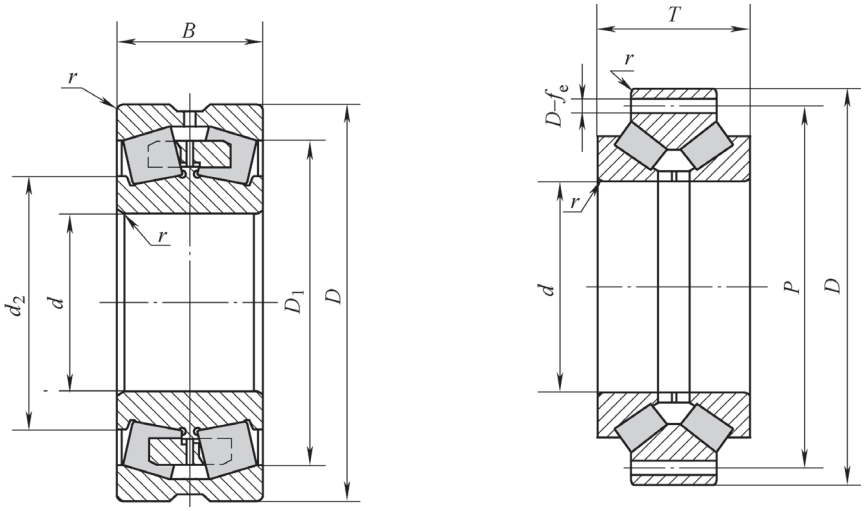


图 7-24　主轴轴承结构示意图

（1）材料和热处理　主轴轴承的套圈和滚动体采用电渣重熔冶炼的高碳铬轴承钢 GCr15 或 GCr15SiMn、GCr18Mo，按《军用高碳铬轴承钢滚动轴承零件热处理质量要求》的规定进行热处理。

（2）加工精度　调心滚子轴承由于其结构特点难以实现高精度，一般最高只能达到P5级，而现在有的设计要求P4级，需要采取特殊的工艺措施才能达到[5]。

（3）滚道曲率设计　采取外滚道与滚子的高吻合率（0.96）和内滚道与滚子的低吻合率（0.94）的组合，既能提高轴承的疲劳寿命，又能控制轴承的功率损耗[1]。

（4）滚道、滚子的表面粗糙度匹配　为了降低摩擦力矩，提高疲劳寿命，使轴承在正常工作时产生合理的正歪斜，表面粗糙度作如下匹配：滚子表面粗糙度值小于内圈，内圈表面粗糙度值小于外圈[1]。

（5）滚道、滚子的硬度匹配　为了提高轴承的疲劳寿命，选取滚子硬度的下限高于套圈滚道硬度的上限[1]。

3. 增速器轴承

由于风力发电机组主轴的转速较低，因此需要增速器进行增速，达到发电所需的转速。通常增速器采用三级变速齿轮传动，输入端为一级行星轮传动，中间轴及输出轴采用二级平行轴传动[2, 7]。增速器轴承配置示意图如图 7-25 所示。风力发电机组增速器各部位的轴承类型见表 7-10。

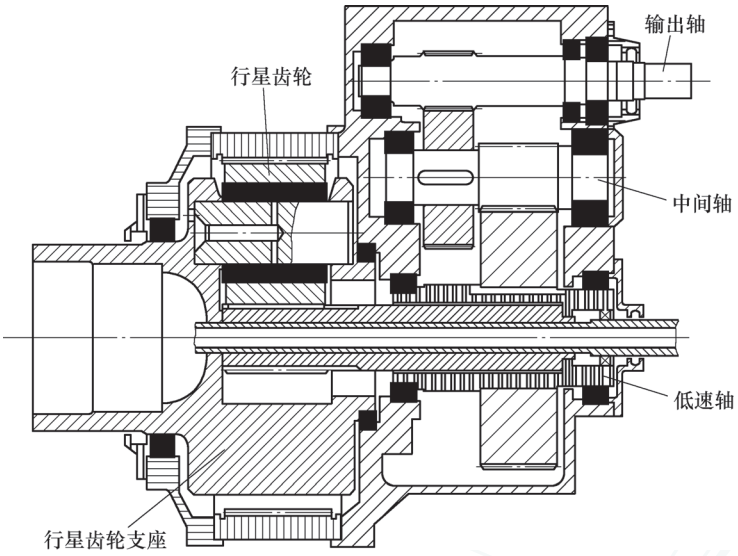


图 7-25　增速器轴承配置示意图

表 7-10　风力发电机组增速器各部位的轴承类型

使用位置	轴承类型		备注
行星齿轮支座	满滚子圆柱滚子轴承、调心滚子轴承、圆锥滚子轴承		
行星齿轮	满滚子圆柱滚子轴承、圆柱滚子轴承、调心滚子轴承		满滚子圆柱滚子轴承（无外圈）
低速轴	自由端	调心滚子轴承、满滚子圆柱滚子轴承、圆柱滚子轴承	
	固定端	满滚子圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、调心滚子轴承	
中间轴	自由端	圆柱滚子轴承、调心滚子轴承	
	固定端	圆锥滚子轴承、调心滚子轴承、圆柱滚子轴承 + 四点接触球轴承	四点接触球轴承（用作推力轴承）
输出轴	自由端	圆柱滚子轴承、调心滚子轴承	
	固定端	圆锥滚子轴承、调心滚子轴承、圆柱滚子轴承 + 四点接触球轴承、圆柱滚子轴承 + 圆锥滚子轴承	四点接触球轴承（用作推力轴承）

在所有风机配套轴承的设计和制造中，尤其要引起高度关注的是增速器轴承。

风机增速器是大传动比的齿轮箱。由于承受的转矩和转速波动范围大，传输负载易突变，箱体质量与安装空间有限制，安装平台存在柔性变形等，因而与传统的重载工业齿轮箱的应用环境相比更恶劣。目前，部件失效造成风机停机，增速器占 20% 左右，是风机部件中比例最高的。而风机增速器的故障 80% 起源于有缺陷的轴承。因此，对风机增速器及其配套轴承的可靠性的研究，已成为当前风能业界的难点和重点。我们应密切关注和跟进一些前沿技术。增速器轴承结构如图 7-26 所示。

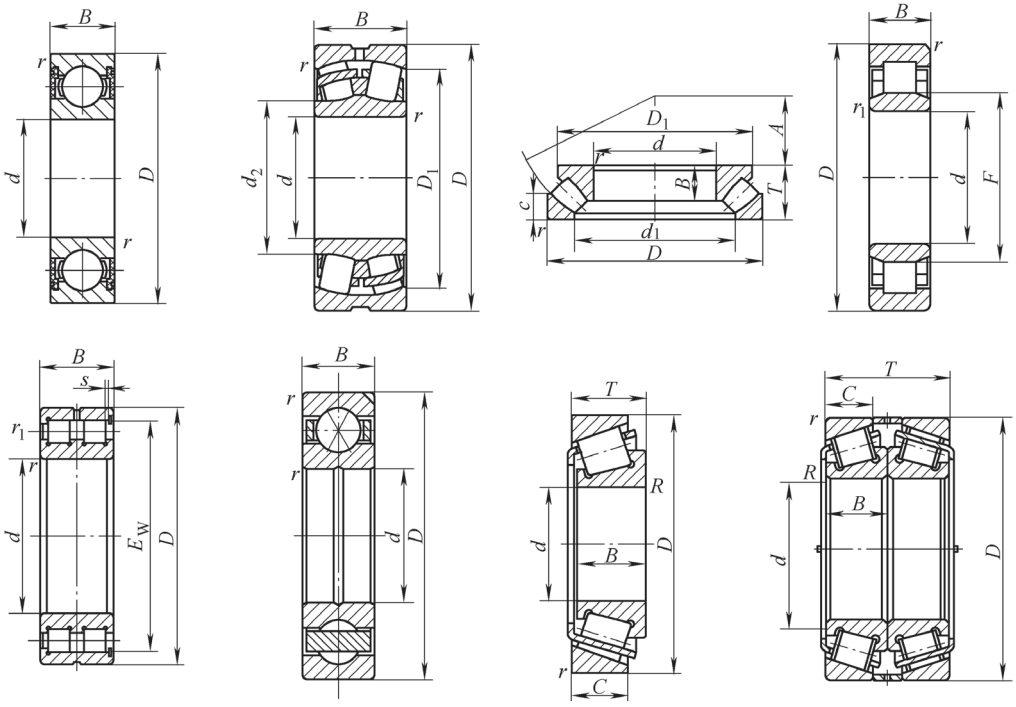


图 7-26　增速器轴承结构

（1）系统设计技术　在风机传动系统研究上居全球领先地位的英国 Romax 公司提出了对风机增速器轴承受力分析和寿命计算的新观点、新方法。在设计风机增速器轴承时，不是对单个轴承进行受力分析，而是将轴承与增速器视为一个整体，在动态状况下，作为一个系统来分析。要考虑轴与箱体的变形，多个轴承之间的相互作用及非线性刚性，轴承内部滚动体之间的载荷分配等。

（2）细节设计技术[1]　调心滚子轴承采取外圈滚道与滚子的高吻合率（0.97）

和内圈滚道与滚子的低吻合率（0.95）的匹配关系，来提高轴承的疲劳寿命。滚子工作表面粗糙度值小于内圈滚道表面，内圈滚道表面粗糙度值小于外圈滚道表面，有利于滚子产生合理的正歪斜，以降低摩擦力矩，提高疲劳寿命。对圆锥滚子轴承滚子球基面和内圈挡边接触位置和形状进行优化，使滚子球基面与内圈挡边的滑动摩擦面形成润滑油膜。

（3）材料和热处理　我国机械行业标准规定增速器轴承的套圈和滚动体采用电渣重熔冶炼的高碳铬轴承钢 GCr15 或 GCr15SiMn，按《军用高碳铬轴承钢滚动轴承零件热处理质量要求》的规定进行热处理。

增速器在工作过程中，齿轮磨损产生的微小金属颗粒，在轴承工作表面形成压痕，压痕边缘形成高的应力集中，成为疲劳源，导致剥落，缩短轴承使用寿命。日本 NSK 公司开发的用中碳合金钢碳氮共渗的 STF 和 HTF 钢，通过严格控制碳氮共渗工艺，使零件表面得到较多的稳定的残留奥氏体（30% ～ 35%）和大量细小的碳化物、碳氮化物。后者可保证表面的硬度和耐磨性，使压痕不易形成；前者可以降低压痕的边缘效应，阻止疲劳源的形成和扩展，从而大大提高轴承在如风机增速器这样的在污染润滑工况下的使用寿命[2, 7]。这方面，轴研所已进行了研发工作，并取得初步成果[3]。

（4）表面改性处理　表面改性是为了降低摩擦，提高耐磨性，减轻打滑造成的轴承工作表面的损伤，甚至形成的表面起源型疲劳。采取表面改性技术是国际轴承业界通行的做法。

在高载荷工况下能正常工作的轴承在低载荷工况下容易打滑。风力发电机低风速时，也就是低载荷时，增速器中承载能力较大的轴承就容易打滑。风力发电机有大量的停机操作，制动尤其是紧急制动引起的增速器轴承打滑也是非常严重的。风电增速器行星架轴承经常采用具有很好刚性的满滚子轴承。满滚子轴承的滚动体相互接触并且接触点具有相反的运动方向，滚子之间的打滑是不可避免的。

为预防打滑对轴承造成的损伤。国内制造风电轴承的优势企业已对风电增速器轴承进行低温渗硫（离子渗硫、液体渗硫等）表面改性处理。德国舍弗勒公司从 2008 年起供应的风电增速器圆柱滚子轴承均采用复合氧化发黑处理，有效地防止了打滑对轴承造成的损伤。

4. 发电机轴承

风电机组发电机轴承的组配形式较多，其中最常用的是深沟球轴承与圆柱滚

子轴承组配形式。用两套圆柱滚子轴承承受较大的径向载荷，深沟球轴承承受一定的轴向载荷。发电机轴承结构如图 7-27 所示。

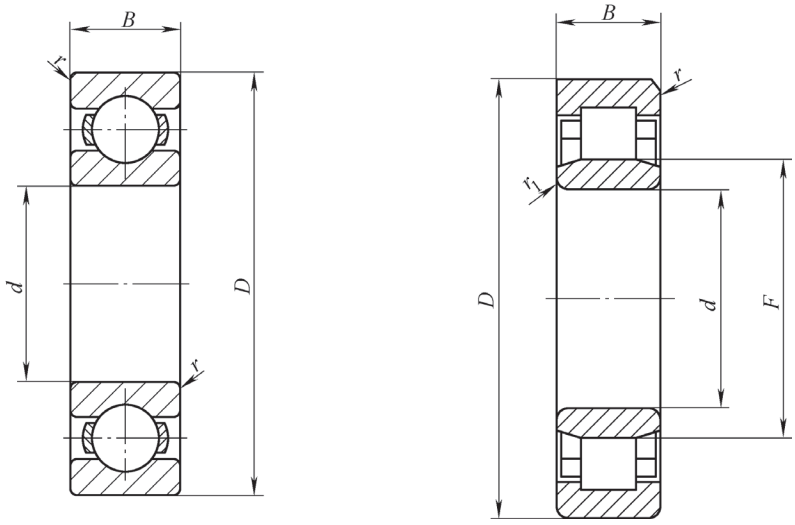


图 7-27　发电机轴承结构

国内轴承业界为提高风电机组发电机轴承的可靠性作了以下规定：①套圈和滚子材料采用电渣重熔高碳铬轴承钢，按《军用高碳铬轴承钢滚子轴承零件热处理质量要求》进行热处理；②游隙选取 C3 组；③精度选定 P5 级；④圆柱滚子素线采用对数曲线凸度。

风力发电机组发电机轴承经常因电蚀损伤而失效，日本 JTEKT 公司将这种轴承的滚动体用高绝缘性的陶瓷材料制造，也有的企业在轴承外表面上涂覆绝缘材料，来解决电蚀的问题。

7.5.2　风电轴承技术的发展

1. 风电轴承技术研发取得重要进展

在我国风电产业“井喷式”发展的形势下，我国轴承行业的一些企业在没有经过充分研发的情况下仓促上阵，生产风电偏航轴承、变桨轴承。在吃了不少苦头，交了不少“学费”后，基本掌握了偏航、变桨轴承的设计、制造技术，已开始大批量生产。2MW 以下偏航、变桨轴承已国产化。5MW 偏航、变桨轴承也试制出样品。主轴轴承已研发成功，开始批量生产。增速器轴承尚处于样品或小批量试制、装机试验的阶段。

研发条件也有很大改善。以风电轴承研发为重要任务的瓦轴国家大型轴承工程技术研究中心已于 2009 年 11 月获得科技部批准建设。瓦轴的风电轴承系列试验台项目列入国家“863 计划”重点项目，获国家财政拨款资助，目前项目正在积极实施中。瓦轴的风电主轴轴承研发项目获世界银行赠款支持。最近，洛轴、轴研科技牵头申报的风电轴承国家科技支撑项目也获批准立项。研究对象包括风电轴承的 2011 年国家“973 计划”项目——“高性能滚动轴承基础研究”，日前已经启动。

我国已突破了若干设计制造技术的难点。如负游隙的控制、中频感应淬火工艺技术、以硬车代替磨削加工轴承工作面、长效防护技术等。作为设计制造技术进步的一个标志，就是已制定并发布风电轴承机械行业标准。

2. 今后风电轴承技术的发展

（1）整合现有资源，形成研发合力　对于在风电领域缺乏研发，仓促上阵的轴承行业来说，补上研发这一课已刻不容缓。但是，由于原有的行业归口科研院所已企业化，行业共性技术研发平台缺失。这几年，轴承行业虽然上了一些风电轴承研发的软件、硬件，但都分散在各企业中，各企业在风电轴承研发上都是“单打独斗”，难以进行像样的研发。

建议采取以下两种办法来整合现有资源，形成研发合力：一是通过政策导向，以及制定约束性的验收、考核、后评价办法，促使凡是国家科技计划资助的各类研发平台，如国家工程技术研究中心、国家工程研究中心、国家工程实验室、国家认定的企业技术中心、博士后科研工作站等，必须向全行业提供技术辐射和技术服务，否则这些平台的“国家”二字就应该去掉；二是由中国可再生能源学会风能专委会、中国轴承工业协会协调、组织、推动，组建由涉及风电领域的大型轴承企业牵头，风电设备企业、相关大学和科研院所参加的风电轴承“产、学、研、用”技术创新战略联盟，进行风电轴承共性技术的联合研发攻关。

（2）全面推进，重点突破　对于风电轴承来说，要在研发能力、设计制造技术水平需要全面提升的基础上，突现重点突破。

首先要突破的是增速器轴承的关键技术，包括：

1）研发应用在增速器这样的污染润滑条件下工作的轴承用钢，如日本 NSK 公司研发应用的进行碳氮共渗的 STF 和 HTF 钢。

2）研发应用能够降低轴承摩擦，提高轴承耐磨性，减轻打滑造成的轴承工

作表面损伤，以致形成表面起源性疲劳的轴承工作表面改性处理技术。

对于偏航、变桨轴承来说，应围绕提高寿命和可靠性解决以下问题：

1）可靠地工作 20 年的长效密封技术和密封装置。

2）以激光热处理取代中频感应热处理。

3）工作表面热处理淬硬层深度、梯度无损检测技术和装置。

此外，在建立准确的载荷谱的前提下，仿真试验技术和装备、引进的设计分析软件的二次开发和应用是风电轴承技术的“短板”，需要着力解决。

（3）以标准带动创新能力的提高 2007 年发布的机械行业标准 JB/T10705—2007《滚动轴承 风力发电机轴承》，对于风电轴承的研发和产业化起到了积极作用。但是，这项标准是在对风电轴承工况，对风电轴承长寿命、高可靠性要求还没有深刻认识的情况下制定的。现在亟需组织风电轴承主要生产企业、风电设备企业的技术人员，在进行充分的调查研究，总结这几年国产风电轴承研发、生产和应用的经验、教训的基础上，对标准进行全面修订。希望以先进、科学的标准，促使风电轴承生产企业对标、达标，提高自主创新能力和设计制造水平。同时，提高风电轴承领域的准入门槛，形成风电轴承领域的退出机制。

另外，现在用来制造偏航、变桨轴承的 42CrMo 是普通合金结构钢，不是轴承专用钢。应制定中碳轴承钢标准，按轴承的特殊要求，规定各项技术指标。用符合此标准的中碳轴承钢制造偏航、变桨轴承，有利于保证轴承的寿命和可靠性达到要求。

7.5.3 跟踪主机技术和市场发展趋势进行研发和产业化

“十二五”期间，我国轴承企业一定要在以下几方面密切跟踪风电产业主机技术和市场发展的走向，找准风电轴承研发和产业化的方向。

1. 优势主机企业

全国风电机组制造企业已达 80 家。产能过剩形成的激烈竞争必然会造成一轮又一轮的重新“洗牌”，优胜劣汰。我们一定要十分注意主机企业的发展情况，与国内外实力强、成长性好的主机企业结成战略联盟。2010 年全球风机整机制造商新增装机容量排名见表 7-11，2010 年我国新增风电装机容量前 15 名内资机组制造商见表 7-12，2010 年我国累计风电装机容量前 15 名内资机组制造商见表 7-13，2010 年我国新增风电装机容量前 4 名外资机组制造商见表 7-14，2010 年我国累计风电装机容量前 5 名外资机组制造商见表 7-15。

表 7-11　2010 年全球风机整机制造商新增装机容量排名

序号	企业名称	2010 新增装机容量 / MW	2010 市场份额（%）
1	维斯塔斯（丹麦）	5 842	14.8
2	华锐（中国）	4 386	11.1
3	通用（美国）	3 796	9.6
4	金风（中国）	3 740	9.5
5	安耐康（德国）	2 846	7.2
6	苏司兰（印度）	2 736	6.9
7	东汽（中国）	2 624	6.7
8	歌美飒（西班牙）	2 587	6.6
9	西门子（丹麦）	2 325	5.9
10	联合动力（中国）	1 643	4.2
11	明阳风电（中国）	1 052	2.7
12	恩德（Nordex，德国）	889	2.3
13	三菱（日本）	643	1.6
14	上海电气（中国）	598	1.5
15	湘电风能（中国）	507	1.3
合计		36 214	91.9

表 7-12　2010 年我国新增风电装机容量前 15 名内资机组制造商

序号	风电机组制造商	新增装机容量 / MW
1	华锐	4 386
2	金风	3 735
3	东汽	2 623.5

（续）

序号	风电机组制造商	新增装机容量 / MW
4	联合动力	1 643
5	明阳	1 050
6	上海电气	597.8
7	湘电风能	507
8	华创风能	486
9	重庆海装	383.15
10	南车时代	343.95
11	远景能源	250.5
12	华仪	161.64
13	银星	154
14	运达	129
15	三一电气	106

表 7-13　2010 年我国累计风电装机容量前 15 名内资机组制造商

序号	风电机组制造商	累计装机容量 / MW
1	华锐	10 038
2	金风	9 078.85
3	东汽	5 952
4	联合动力	2 345
5	明阳	1 945.5
6	湘电风能	1 089
7	上海电气	1 073.35
8	运达	723

（续）

序号	风电机组制造商	累计装机容量 / MW
9	华创风能	682.5
10	重庆海装	479.25
11	南车时代	465.3
12	远景能源	400.5
13	华仪	295.08
14	银星	252
15	万源安迅能	249

表 7-14　2010 年我国新增风电装机容量前 4 名外资机组制造商

序号	风电机组制造商	新增装机容量 / MW	内外资制造商排序
1	维斯塔斯	892	6
2	歌美飒	595.55	8
3	通用	210	14
4	苏司兰	199.85	15

表 7-15　2010 年我国累计风电装机容量前 5 名外资机组制造商

序号	风电机组制造商	新增装机容量 /MW	内外资制造商排序
1	维斯塔斯	2 903.6	4
2	歌美飒	2 424.3	6
3	通用	1167	8
4	苏司兰	805.1	11
5	Nordex	524.7	14

2. 风电机组机型

双馈变桨变速恒频风电机组是国际风电机组研制的主流技术，在我国已投产的风电机组中仍占主导地位。近年来，我国直驱式风电机组研制技术也发展较快，

金风、湘电风能已批量投产。有的企业还研发了介于直驱式和双馈式之间的半直驱传动技术。上述三种机型代表了不同的技术发展方向。

兆瓦级垂直轴风电机组国内国外都已研制多年，但至今仍处于概念设计或样机试制试运行阶段。

风电轴承的研发和产业化的重点仍应定位在双馈式，因而增速器轴承的研发不能放松。但同时应密切关注直驱式和半直驱式风机的发展，同步做好配套轴承的研发和产业化工作。

3. 风电机组单机容量

2008 — 2010 年全球风电机组功率分布见表 7-16。

表 7-16　2008 — 2010 年全球风电机组功率分布

功率范围	占比（%）	功率范围	占比（%）
小风电（< 750kW）	0.20	主流风机（1 500 ～ 2 500kW）	83.1
1MW 风机（750 ～ 1 499kW）	8.30	多兆瓦风机（> 2 500kW）	8.4

2010 年全球风机平均功率达到 1 665kW。2010 年我国新增风电装机 1 893 万 kW，共 12 904 台，平均单机容量 1 466.8kW。其中，1.5MW9 793 台，占 75.89%；2MW980 台，占 7.59%；2.5MW 及以上 33 台，占 0.26%；1.5MW 及以下 2 098 台，占 16.26%。

我国风电装机平均单机容量变化趋势见表 7-17。

表 7-17　我国风电装机平均单机容量变化趋势

年份	装机平均单机容量 / MW
2005	849.7
2006	919.5
2007	1 052.2
2008	1 217.1
2009	1 362.6
2010	1 466.8

我国风电机组研制技术的发展趋势主要是风电机组功率向大型化发展。我国在大功率风电机组研制方面似有赶超国际领先企业的态势。但值得注意的是，在缺乏长期技术积累和市场检验的情况下，如直接跨入多兆瓦级风电机组研制的行列中，必须认真考虑投资风险及未来市场和用户的认可度。

风电轴承的研发和产业化重点仍应定位在 1 500 ～ 2 500kW 的主流风机。但也应积极进行多兆瓦级风电机组配套轴承的研发，搞好技术储备。小风电也是一块不小的市场，不要轻易放弃。

4. 海上风电

东海大桥海上风电示范项目上马，华锐研制的 3MW 海上风电机组于 2009 年开始装机，并于 2010 年完成 34 台机组投产、并网发电。2010 年以来，金风、上海电气、明阳、联合动力、沈阳华创以开发海上风电为目标而研制的大功率（3MW 和 3.6MW）风电机组也相继下线。

2010 年全球海上风电装机容量累计 355.4 万 kW，占全球风电总装机容量的 1.78%。

我国 2010 年海上风电装机容量 10 万 kW，到 2015 年将增加到 500 万 kW，平均每年增加 100 万 kW，即 1 000MW，需新增 3MW 风机 333 台，相应地需主轴轴承 333 套，偏航、变桨轴承 1 332 套。

海上风电发展前景广阔，我国和英国、美国都在大力发展海上风电，轴承企业应积极跟进。但要注意海上风电配套轴承的特殊要求。同时，要注意海上风电尚未进入技术成熟期，技术和投资风险都比较大。今后相当长一段时间，海上风电的总体规模不会太大，对配套轴承的需求量有限。因此，对海上风电轴承的投资要适度，以规避投资风险。

参考文献

[1] 渡边哲雄．风车轴承的高可靠性技术 [R]. 上海：恩斯克中国技术中心，2007：1—5.

[2] 孙立明，陈原，宋丽．风力发电机组关键轴承设计技术 [J]. 轴承，2008（特刊）：49—54.

[3] 刘耀中．汽车轴承的材料及热处理长寿命技术 [C]// 全国汽车轴承技术攻关专题研讨会论文集．洛阳：中国轴承工业协会技术委员会，2008：47—53.

[4] 李俊峰，高虎．中国风电发展报告·2007[R]. 北京：中国环境科学出版社，2007：48—49.

[5] 杨晓蔚．风电产业、风电设备及风电轴承[J]. 轴承，2009(12)：54—59.
[6] 卢刚．滚动轴承的抗疲劳制造[C]//第五届中国轴承论坛论文集．洛阳：洛阳轴承研究所有限公司，2009：19—23.
[7] 葳下义一．风力发电机用滚动轴承[J]. 国外轴承技术,2009(4):54—59.
[8] 李俊峰，等．中国风电发展报告·2011[R]. 北京：中国环境科学出版社，2011：1—40.

第 8 章

高性能滚动轴承基础研究

基于我国高端轴承基础研究与轴承制造业发展的迫切需求，2011 年 1 月 1 日正式启动了 2011 年度国家重点基础研究发展规划（“973”计划）“高性能滚动轴承基础研究”项目。该项目计划 5 年完成，西安交通大学王煜为首席科学家。

8.1 研究内容

该项目结合我国重大装备的需求，针对重大装备基础件滚动轴承的关键问题——轴承运动副的动态接触、摩擦与润滑、热失稳、组件的加工处理以及装配和服役过程，重点围绕高速重载精密轴承多界面系统动态润滑接触理论，高速重载精密轴承组件的控形控性制造和复杂工况下轴承服役性能创成机理三个关键科学问题开展研究。

科学问题一：高速重载精密轴承多界面系统动态润滑接触理论

高速重载精密轴承的滚动体、滚道、保持架及润滑介质形成多界面集成系统，表面的宏微观结构、界面的相互作用及润滑介质的分子特性等均会对轴承性能产生重大影响。工作在复杂工况下，轴承易发生多重模式的失效，而润滑接触失效是其主要原因之一。高速重载等极端的工作条件使得按常规设计和制造的轴承无法满足运行要求。

高速重载条件下，运动副表面微凸体接触及软化，滚动体与滚道表面及次表面发生的弹塑性变形及累积演化，导致运动副间隙剧烈变化、运动精度丧失及振动噪声增大等问题。发生的磨损、摩擦和高温将诱发运动界面接触区润滑膜失效破裂。高温、高应力和高剪切使得润滑剂－滚动体摩擦界面发生更为复杂的物理化学反应，滚动体材料与润滑剂分子及微结构发生不可逆变化，导致轴承润滑材料老化和界面系统失效进程加速。同时，通过可控的高应力诱发微塑性变形却可实现表面损伤修复，利用精确诱导的摩擦化学沉积反应可产生表面自修复等行为。对以上问题的研究涉及多界面系统动态接触行为及演化规律，有效润滑油膜的建立机理及影响因素，润滑介质与摩擦表面相互作用等关键性基础问题。这些问题影响高速重载精密轴承系统的性能与服役行为，对轴承传统设计理论提出严峻的挑战。该项目将围绕高速重载精密轴承多界面系统动态润滑接触理论这一科学问题展开研究，主要内容包括：

研究内容 1：轴承复杂界面系统相互作用的动态接触机理及轴承失效

高速重载精密轴承工作在多界面系统及多物理场环境中，其界面系统包括滚动体、内外滚道、保持架、润滑介质及装配组件等之间的相互作用。高速重载精密轴承可靠稳定工作的本质在于界面系统在多物理场环境中能够自适应配合，维持原始设计、制造和安装等期望的性能要求。高速重载精密轴承界面系统多物理场相互耦合作用将产生特有的物理现象，需要考虑多种宏微观设计制造及安装使用因素或某些隐含因素，如微接触区域的扩展、塑性变形累积及长期演化规律等。在这样的界面系统及复杂工况下，其研究的核心问题是对复杂界面系统的接触机理提高认识，对动力学相关性及复杂性摩擦学行为进行有效预测等。可以说，复杂界面系统相互作用的接触机理是高速重载精密轴承基础研究的核心问题，为进一步研究其他诸多相关问题提供重要的理论基础及科学根据。

高速重载精密轴承复杂界面微约束空间上涉及多物理、多系统、移动界面与多域问题的相互作用，例如弹性场、薄膜流动、热、宏微观表面几何拓扑结构特征、材料行为及润滑剂等问题。该课题通过发展复杂界面系统耦合场相互作用下动态接触问题的先进理论、模型及数值模拟技术，探索高速重载精密轴承在多场耦合相互作用下，复杂界面系统的表面几何拓扑结构、润滑剂，轴承运动条件以及轴承材料的性能等对界面局部与整体动态接触的影响规律；研究润滑、接触区域的演化、疲劳、摩擦与磨损的动态长期累加效应及其对界面耦合场动态演化的行为规律，为发展高速重载精密轴承设计、加工与应用技术提供理论基础和科学依据。

重点研究内容有：

1）轴承复杂界面系统相互作用下的接触理论与疲劳失效机理。

2）宏微观拓扑结构对其摩擦学行为长期演化影响的规律。

3）混合润滑状态下微观动态接触系统动力学行为及其长期运行的精度保持机制。

4）轴承真实工况试验与理论预测有效结合及轴承远期性能发展的预测。

5）急速起停工况轴承系统动态接触行为对轴承可靠性影响规律的研究。

研究内容 2：高速重载精密轴承润滑机理及热失稳机制

高速重载精密轴承服役条件多样，多数工作条件恶劣，服役期长、维修困难，要求轴承具有非常高的运行精度和寿命。摩擦副长期处于高压和高剪切状态，易造成接触区弹塑性变形，持续高温，润滑膜破裂和热失稳，最终导致界面因润滑失效而严重磨损，形成多重模式失效。轴承运动副表面润滑介质的供给和分布对润滑性能和运行精度产生重要影响。而高速重载及由此引起的系统动力学行为也

将显著影响轴承运动副界面的间隙和摩擦特性。研究高速重载工况对摩擦副表面结构、润滑剂供给和分布、润滑性能演变、摩擦副损伤及润滑失效行为的影响规律是高性能轴承运动界面设计与结构优化设计的基础。该课题将研究润滑介质的精确供给和分布对润滑性能的影响规律，考察润滑膜热失稳的发生机制，在建立全尺度多因素耦合润滑接触模型的基础上研究接触区局部压力、膜厚、温度和表层应力的空间分布及时变规律，探索润滑膜局部失效与表面温度的关系，并建立接触表面－润滑剂所组成的摩擦系统由局部润滑失效发展为整体失效或转向稳定润滑的条件；同时发展真实条件下滚动轴承润滑性能参数的测量技术，对建立的理论体系进行验证，为轴承的性能评价和检测提供基础理论。

重点研究内容有：

1）滚动轴承接触界面全尺度多因素耦合润滑接触建模。

2）高速重载条件下滚动轴承的油膜润滑机理及界面参数影响规律研究。

3）高速重载工况下滚动轴承接触界面流体润滑的热失稳机制。

4）轴承工作条件下润滑介质在运动界面的分布规律和成膜机理研究。

5）真实条件下滚动轴承润滑油膜的测量技术及相关机理研究。

研究内容 3：轴承多重润滑膜生成机理及新型轴承润滑材料设计

滚动轴承的润滑主要通过使用润滑材料以恰当的方式在轴承摩擦表面构筑润滑膜来实现，润滑膜的生成与失效行为特征直接影响轴承的工作性能。高速、重载及精密轴承系统通常工作于苛刻工况（复杂多变的速度、载荷和温度谱）及恶劣环境（如强腐蚀、水淋、化学介质、粉尘、深海环境、高空及空间等）的动力及传动装置，此时，轴承润滑膜生成及失效行为将发生重大变化，滚动面的组成及微纳米结构、润滑剂的分子及微纳米结构、润滑剂与滚动面的界面相互作用等均会对润滑膜生成及失效行为产生重大影响，并最终决定高速、重载及精密轴承系统的性能与服役行为。该课题通过对轴承润滑材料分子与微观结构及轴承复杂运动导致的多种物理化学过程对轴承润滑膜生成与失效行为影响规律的研究，发展轴承表面多尺度微／纳复合结构自适应固体润滑薄膜构筑的新原理和新方法，探索具有极端条件适应性和表面损伤自修复性的轴承润滑剂结构设计制备新理论与新方法，建立基于固－液耦合多重润滑的高可靠自适应润滑技术的相关理论，系统研究它们在极端条件下与环境相互作用的规律，最终形成极端条件及多变工况中润滑材料性能优化及可靠性增强的相关理论，为高速重载精密轴承系统提供先进轴承润滑材料方面的理论与技术支持。

重点研究内容有：

1）极端工况条件下多重润滑膜生成与失效机理。

2）构件表面微 / 纳复合结构固体润滑薄膜构筑。

3）极端条件适应性轴承润滑介质的设计与制备。

4）固 - 液多重复合润滑体系的设计及服役行为。

5）新型润滑材料与服役环境相互作用的机制。

科学问题二：高速重载精密轴承组件的控形控性制造

高性能滚动轴承要求在高速重载条件下长期保持高精度和工作状态稳定性，这种高精度和工作状态稳定性取决于轴承组件几何精度及其稳定性和基体材料组织性能及其稳定性。所以，通过制造获得高精度、高性能和高稳定性的轴承组件，是轴承控形控性制造的目标。

轴承组件的基本制造工序有材料制备、塑性成形、热处理和磨削等，具体制造工艺流程由这些基本工序交叉复合而成。典型工艺流程为：材料制备→加热→锻造制坯→软化处理→精密轧制成形→淬火、回火→磨削→研磨。轴承组件在每步工序中均受到时变的热、力或热力耦合作用，将会产生非线性的温度场、应力场和复杂的温度变化历程与应力变化历程，使得轴承组件的宏观几何形态、微观金相组织状态、金属流线走向与残余应力分布等产生显著变化，进而导致轴承的几何精度、精度稳定性和抗疲劳性能等随之发生显著改变。因而，轴承组件几何精度、基体材料组织性能及其稳定性在各工序之间发生复杂的遗传和演化作用，这种遗传演化结果与原材料组织性能、制造工艺和过程的条件等因素密切相关，并且直接决定了轴承的服役性能和使用寿命。针对轴承组件的这些复合交叉工序全过程，开展轴承组件材料成分和组织设计，揭示在热处理、轧制和磨削等各工序中轴承组件的宏观几何精度变化机制、表面物理力学性能变化规律与微观材料组织状态遗传演化机理，建立基于整个制造过程的轴承组件基体材料微观组织和表面状态控制理论和设计方法，这是高性能滚动轴承控形控性制造亟待解决的关键科学问题。该课题将围绕高速重载精密轴承控形控性制造关键科学问题展开研究，主要内容包括：

研究内容 1：轴承材料热处理工艺与组织性能调控

轴承钢材料的质量和热处理在很大程度上决定了基体材料组织性能及其稳定性，进而影响轴承组件的几何精度和精度稳定性。现有的各种轴承热处理研究侧重于过共析碳化物形貌的控制、奥氏体晶粒细化等属细观尺度上的组织调控，随着主机的重型化、高速化、精密化，轴承的使用环境越来越多样化，对轴承性能

的要求也越来越苛刻，轴承材料热处理工艺需要在亚微米、纳米尺度对轴承钢材料进行组织精确调控，通过控形控性制造，获得高精度、高性能和高稳定性的轴承组件。

该课题首先研究基体材料的成分调整和新型热处理工艺，从纳米尺度研究材料组织及其性能的调控机制；针对高速重载精密轴承组件在复杂苛刻服役条件下所需要的性能场、残余应力场等要求，为确保在材料制备和热处理过程中获得所要求的成分分布和组织场，必须建立热力耦合作用下的组织演变模型，对热处理过程中温度场、组织性能场和残余应力场的相互耦合进行计算机数值模拟，用以指导精准的热处理工艺控制、组织和性能预测。然后，各种苛刻服役条件对轴承组件的性能要求是不同的，在基体材料组织精确调控和多场耦合条件下组织演变模拟的基础上，该课题针对不同服役条件下轴承组件所需的组织和残余应力场进行针对性的精确调控，最大限度保证轴承组件在不同服役条件下的精度和精度稳定性。最后，结合现代材料表面改性技术和工艺控制技术的发展，在高性能轴承组件制备过程中，研究精准渗碳、渗氮和激光熔覆等技术，进一步提升高速重载精密轴承组件的性能和寿命；同时，对轴承材料纳米尺度的组织调控和性能相关性研究中，离不开全制备工艺过程、多尺度的组织表征，以及材料本身的可靠性和热处理工艺相关性的系统研究。

重点研究内容有：

1）新型热处理工艺过程中纳米尺度的组织和性能控制机理。

2）热处理过程中温度场、组织性能场和残余应力场耦合条件下的计算机数值模拟。

3）针对不同服役条件下组织和性能精准调控及其工艺原理。

4）不同服役条件下表面改性技术应用的基础研究。

5）微纳多尺度的组织表征和材料可靠性研究。

研究内容 2：轴承滚道基体组织与表面状态可控性制造

轴承滚道是滚动轴承工作时承受负荷的工作表面，轴承滚道的加工质量直接影响轴承使用时的服役性能和工作寿命。轴承滚道的接触疲劳破坏是其主要的破坏形式，其机理是微裂纹发生和扩展的结果。导致裂纹产生的主要原因是接触表面完整性、表层材料缺陷及应力分布状态。针对轴承服役条件对轴承滚道基体组织和表面状态的要求，分析轴承滚道服役过程中材料组织状态损伤演化、裂纹萌生扩展、疲劳断裂机制，阐明轴承滚道基体材料组织和表面状态与疲劳性能间的

联系，建立高速重载条件下高疲劳性能的轴承滚道材料组织状态设计方法和准则；揭示轴承套圈轧制过程中材料晶粒、碳化物组织状态与金属流线的遗传演化机理；建立滚道基体组织和表面状态的可控轧制工艺规划；深入研究磨削加工中磨粒与滚道表面的微观作用机理及磨削热、力、金属相变耦合作用；探讨热、力、相变的耦合作用对滚道表层基体组织、金属流线和残余应力分布的影响规律；利用可控的冷却技术和磨削工艺参数，实现磨削比能、磨削力、磨削温度场和温度变化历程的可控磨削加工，抑制二次淬硬层和高温回火层的产生，实现滚道表层残余应力分布的可控磨削；研究磨粒冲击强化和工艺可控机理，获得理想的磨削强化表面；建立基于整个制造过程的轴承滚道基体材料微观组织和表面状态控制理论与设计方法，为高速重载精密轴承控形控性制造技术提供基础理论支持。

重点研究内容有：

1）轴承滚道基体材料组织状态的设计方法和准则。

2）轴承滚道成形过程中基体材料组织和表面状态遗传演化机理。

3）轴承滚道基体材料组织和表面状态可控性轧制工艺规划。

4）磨削过程中磨粒与工件表面的微观作用机理。

5）磨削过程中变质层和残余应力的形成与可控机理。

6）表面强化层的形成与工艺可控机理。

科学问题三：复杂工况下轴承服役性能创成

滚动轴承的服役性能是轴承内部的几何关系、运动关系在外部载荷作用下的综合体现。服役性能除了与轴承组件的宏微观动态接触和润滑行为有关，还与其装配和服役工况密切相关。旋转精度是服役性能最主要指标，由于轴承组件在尺寸、宏微观形貌及滚动体在轴承中分布的随机性特点，以及轴承内部在多体、多接触界面条件下存在的复杂摩擦与润滑行为，使得旋转精度呈现典型的“不可重复性”，其形成机理无法用传统的刚性尺寸链理论及相关的解析方法揭示。

另外，轴承服役性能与轴承工况之间存在非线性强耦合关系。在既定的装配载荷和预紧载荷作用下，工作载荷的作用使轴承的游隙、组件变形量及微观形貌发生变化。轴承游隙过大或过小，引起轴承的振动或发热，组件的变形则会导致轴承的尺寸精度下降，造成旋转精度下降，而轴承内部接触表面的微观形貌改变使得润滑膜减薄、轴承磨损和摩擦加剧，造成服役性能的退化。并且，轴承的温升与温度分布状态引起的组件热变形和摩擦加剧，进一步引起温度的升高，使得轴承的工况和服役性能之间呈现闭环正反馈效应。从而会导致轴承服役性能随工

况改变而产生波动。

由于目前对轴承工况与服役性能之间的耦合机理的研究还不够深入，无法解释高速重载等极端工况下轴承的行为特征，因此在明确滚动轴承润滑接触机理与控形控性制造技术的基础上，进一步研究轴承组件宏微观几何特征、装配方式及服役工况等与轴承性能之间的非线性耦合关系，揭示服役工况下轴承旋转精度与服役性能的创成机理，对于指导高性能滚动轴承组件的精度设计、轴承装调工艺有非常重要的理论与科学意义。

研究内容有：高速重载精密轴承服役性能控制研究

在重载、高速、冲击等服役条件下，高性能轴承的宏观几何尺寸以及微观结构形貌产生非线性变形，引起内部间隙、载荷分布的变化，影响到轴承旋转精度，并由滚动体运动产生的动载荷引起接触区应力以及润滑状态变化，从而影响了轴承的摩擦、振动、运动等行为。从轴承组件制造到装配成轴承，轴承安装到工作主机，直至轴承在主机上产生复杂动力学行为这一过程是轴承服役性能逐步形成的过程，且由于轴承服役工况的复杂性和随机性，除了有精确的设计与制造保障外，还必须进行服役性能的在线调控才能满足服役性能的实际需求。通过对轴承设计、制造及服役过程的观察、实验、分析与验证，弄清所发生的力学、物理与化学行为的本质，揭示多场强作用下轴承服役性能的创成机理，是实现面向工况的轴承精度设计和服役性能的在线调控的基础。基于滚动轴承润滑接触理论的研究，结合本课题的研究成果提出高速重载滚动轴承技术原型。

重点研究内容有：

1）复杂工况和服役状态的建模。

2）轴承精度设计与旋转精度创成。

3）服役性能创成与智能调控基础研究。

4）高性能滚动轴承技术原型。

8.2 预期目标

1. 总体目标

该项目瞄准高速铁路、精密机床、风力发电机等重大装备关键零部件轴承的设计、制造与使用所面临的关键共性问题，揭示高速重载精密轴承服役性能形成与演变规律，复杂工况下宏微观动态润滑接触机制，多重润滑膜生成与失效机理等，发展面向预定性能的控形控性制造方法和在线调控技术，从而建立高速重载

精密轴承设计、制造、装配以及使用的新原理、新方法和新工艺等。通过本项目的研究，提升我国高速重载精密轴承设计制造的自主创新能力，为我国轴承工业提供原创性核心技术和若干高性能轴承技术原型，培养一批理论基础深厚、创新能力强的学术带头人和研究骨干，形成一支朝气蓬勃的研究团队，建立轴承创新研究平台，显著提升我国轴承设计制造的技术水平，解决我国重大装备制造对高性能轴承需求的瓶颈问题。

2. 五年预期目标

围绕复杂工况下高性能轴承关键科学问题，发展基础理论、核心技术，获得有国际影响的创新性研究成果，为我国轴承技术的发展奠定坚实的理论与人才基础，主要预期目标包括：

（1）理论层面

1）揭示高速重载精密轴承多场耦合作用下动态接触行为对界面演化过程影响的科学本质，建立新的考虑宏微观特征的接触力学理论。

2）建立滚动轴承运动副界面多因素耦合润滑分析模型，揭示高速重载滚动轴承的热失稳机制。

3）揭示轴承多重润滑膜生成与失效机理，建立极端条件及多变工况中润滑材料性能优化及可靠性增长的相关理论。

4）发展基于热力学、动力学和晶体学的微观组织调控基础理论。

5）揭示轴承滚道轧制过程中组织状态遗传演化机理，建立高性能轴承基体组织和滚道表面状态可控性轧制成形理论。

6）揭示复杂工况下滚动轴承服役性能创成机理。

（2）技术层面

1）轴承界面系统复杂性摩擦学行为大规模数值模拟技术。

2）新型润滑剂制备技术，提供 2 或 3 种新型高性能滚动轴承润滑材料。

3）轴承组件的三种控形控性成形制造技术：面向复相组织和碳化物形态及分布控制的淬火 / 分配 / 回火（QPT）热处理新工艺、控形控性轧制成形技术、表面完整性的可控磨削和强化技术。

4）轴承摩擦界面多重润滑膜构建技术。

5）服役状态的在线监测与服役性能的在线调控技术。

6）建立试验测试平台：轴承摩擦学行为长期演化测试平台、轴承润滑材料服役行为与失效机制研究的精密试验平台、套圈组织性能可控性轧制成形试验平

台、工艺参数可控的轴承滚道成形磨削试验平台、磨削力和磨削温度的同时在线测试平台、轴承服役性能在线测试与动态控制平台、轴承运动副动态润滑油膜测量平台。

7）提供面向高速铁路、高档数控机床的滚动轴承技术原型。

（3）研究成果与人才培养　拟在国内外重要刊物上发表论文 150 篇以上（其中 SCI/EI 论文 110 篇以上），撰写专著 1 部以上，申请专利 30 项左右。组成一支富有拼搏意识、创新能力强的研究队伍，培养博士后、博士和硕士 90 名左右。

8.3　研究方案

1. 学术思路

项目研究学术思路如图 8-1 所示。该项目以解决重载高速精密滚动轴承的基础问题，形成若干具有自主知识产权的核心技术为目标，重点围绕三个关键科学问题开展多学科交叉基础研究，在高性能滚动轴承共性基础理论取得突破后，提出轴承设计、制造、装调等核心技术问题的解决方法，发展具有自主知识产权的关键制造技术原型，形成我国高性能滚动轴承的自主原创性成果。

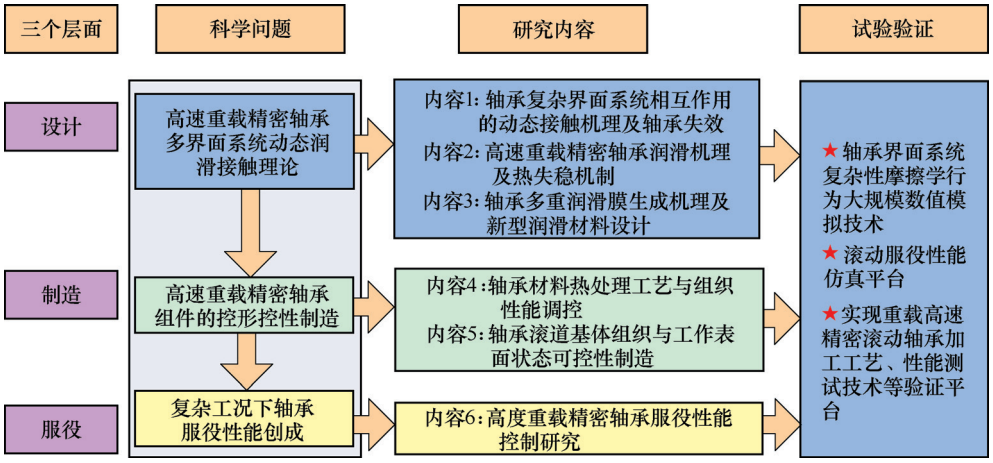


图 8-1　项目研究学术思路

2. 技术途径

通过对动态接触、润滑理论的研究，揭示服役工况下的滚动轴承多场耦合作用的科学本质，研究制造过程中轴承材料的组织状态、工件表层金属组织和残余

应力分布特性，以及使用过程中服役性能的创成机制，为高性能滚动轴承的精度设计、可控制造与应用提供理论依据与技术支撑。

在对科学问题的研究中，注重理论与试验相结合。通过构建采用新技术、新原理和新思路的高性能滚动轴承试验方法和测试平台，采集轴承服役过程中轴承状态信息，构建状态信息数据库，并采用有效数据处理方法，分析滚动轴承服役过程中各组件、各耦合场的物理与化学行为特征。同时，从若干力学的基本方程，结合适当的数学方法，建立复杂工况作用下的轴承制造与服役过程的数学、力学行为描述模型，利用专业或开发的分析软件，实现对轴承制造与服役过程中各种现象和行为的仿真与分析，深入系统全面地开展理论与试验的比较研究，建立完整的数据系统，采取正问题和反问题结合的方法，完成本项目的研究。

在滚动轴承基础理论研究成果上，课题将结合国内重大装备制造业（高速铁路、高档数控机床）的重要需求，开发高速重载精密高性能轴承的技术原型。

具体技术路线如下：

（1）在轴承复杂界面系统动态接触方面　首先建立新的滚动体弹性系统理论、高精度变形计算模型以及大规模数值模拟方法，并耦合其他多物理模型，建立研究轴承滚动体与滚道界面多场耦合作用下动态微接触理论。然后，面向高速重载精密轴承微小空间强场耦合相互作用本质问题，在不同域及时间尺度上，研究宏观复杂全域耦合场与微幅复杂局域耦合变化场，建立轴承界面系统强场耦合动态行为研究的有效模拟平台，揭示高速重载界面系统摩擦、磨损机理及对界面耦合场长期发展演化的影响。在此基础上，建立在耦合磨粒的润滑条件下的接触理论与材料表面损伤、失效的理论模型及预测方法。继而通过对滚动体与滚道表面几何拓扑结构与耦合场的适应性研究，阐明高速重载精密轴承设计、制造关键尺寸参数的控制机制。研究高速重载精密轴承复杂界面微接触区域演化、动态摩擦行为以及界面系统的摩擦能量耗散问题，阐明润滑介质、运动及结构与摩擦损耗的关系，指导轴承设计。另外，建立考虑循环载荷或润滑温升影响的滚动轴承损伤过程数学模型及断裂损伤过程的数学模型，根据轴承接触疲劳性能，综合运用摩擦学原理和润滑理论提出一种应力破坏累积计算方法，通过试验验证该寿命模型。通过建立滚动轴承摩擦力与磨损测试试验台，验证动态接触理论与磨损预测模型。该课题面向界面耦合场演变规律，重点发展耦合系统作用下的微接触理论与失效机理分析，研究滚动体与滚道接触形式与宏微观拓扑结构特征，提出新的摩擦、磨损及润滑研究方法，为认识高速重载精密轴承核心技术科学本质提供

重要的理论依据。

（2）在高性能轴承润滑机理与热失稳方面　该课题采用数值模拟和实验研究相结合的方法。通过模拟实验，获得表面粗糙度、温升等对润滑性能的影响规律，进而考察润滑膜热失效的发生、表面膜的吸附和解附以及对摩擦因数的影响，从而实验确定油膜破坏的临界温度。同时发展基于多光束干涉法的轴承接触副表面润滑介质分布的测量方法，实现轴承油膜特性和润滑介质分布的动态测量。在理论方面，结合摩擦学实验结果，首先，建立全尺度多因素耦合宏微观润滑接触模型，以实验获得的润滑介质分布规律为输入条件，按实际运行条件进行数值分析和计算机模拟，系统研究表面微观特征、表面变形和热效应等对润滑性能的影响规律，进而建立润滑膜局部失效和表面温度的关系。其次，引入流体动压效应和热效应的竞争机制，建立润滑热失稳的动力学方程。研究接触表面－润滑剂所组成的摩擦系统热失稳的发展和抑制的主要因素，确定润滑系统由局部润滑失效发展为整体失效或转向稳定润滑的条件。最后，通过模拟实验验证理论模型和分析结果。

（3）在轴承多重润滑膜生成机理方面　首先，基于先进的气相薄膜沉积技术与表面加工技术，研究极端尺寸轴承表面高硬度低摩擦一体化表层的制备方法，分析复杂型面加工精度、表面粗糙度和宏微观多尺寸的影响规律，构筑轴承构件表面微纳复合结构固体润滑薄膜；其次，设计制备极端条件适应性和表面损伤自修复性的先进润滑剂，发展具有优异抗磨性能及一定摩擦环境自适应的多尺度织构化复合薄膜体系的构筑方法，研究薄膜体系微结构与性能关系的尺度效应，揭示特定环境下膜层自适应与低环境敏感性行为特征；然后，从分子层次和材料功能组合及复合化层次开展轴承固液复合润滑的设计与制备，构筑固液复合润滑体系，发展可适应极端服役条件的轴承复合润滑材料；进而提升分子结构稳定性及理化性能，充分利用物质流变行为与稳定性的调控及摩擦表面效应的控制，研究微观结构对润滑材料性能的影响和高速重载精密轴承系统固液耦合多重润滑体系的设计及服役行为；最后，在模拟服役环境及随机突变工况下开展摩擦学试验，研究轴承表面层及润滑介质分子结构及微纳结构的摩擦物理化学老化及破坏规律，研究轴承表面与润滑剂在摩擦过程中的物质交换、分子生成及微结构演化规律，复杂运动条件下轴承表面界面材料分子及微纳结构演化规律，探索多因素耦合作用下轴承界面物质结构演化过程以及轴承润滑失效的材料学机制。

（4）在轴承材料热处理工艺与组织性能调控方面　首先，根据轴承组件的

组织设计和淬透性要求，在 QPT 热处理新工艺研究成果基础上，借助 JMatPro 和 ThermoCalc 等软件微调现有高碳和渗碳轴承钢的成分，熔炼材料，控制氧和钛的总质量分数在 1×10^{-5} 以下。其次，分别对材料进行传统热处理、QPT 热处理和渗碳、渗氮化学热处理等工艺，系统表征钢的成分分布、残余应力分布和表面硬度和耐磨性能等，光学 / 扫描 / 透射电子显微镜分析多尺度的微观组织，XRD 分析相组成和残余应力，EBSD 分析织构或各向异性问题等。分析性能与成分、热处理工艺的相关性规律，着重于控制马氏体内部沉淀的碳化物相的数量、尺寸和界面状态，以及残留奥氏体的数量、形貌、成分和稳定性等，从纳米层次调控轴承钢的组织和性能。第三，用热机械模拟实验等测量热处理工艺数值模拟的边界条件，应用现有软件建立新型 QPT 热处理和精准渗碳、渗氮过程的数值模拟模型，计算机数值模拟轴承钢材料热处理过程中的成分分布、残余应力分布及其组织演变规律，实现轴承热处理的计算机模拟和工艺优化。最后，通过表面激光熔覆、感应淬火等技术，形成表面高强韧的马氏体组织和具有良好韧性的基体组织相结合的复相组织；采用智能脉冲控制的真空渗碳和渗氮新技术，提高材料表面的硬度和耐磨性，有效控制渗碳和渗氮过程中可能的氧化问题，提高轴承组件的接触疲劳寿命。

（5）在轴承滚道基体组织与表面状态可控性制造方面　该课题针对轴承滚道在轧制成形和磨削制造过程中基体组织与表面状态变化规律开展研究，通过揭示轴承滚道宏观几何精度和微观组织性能遗传、演化机制，提出轴承滚道基体组织与表面状态控制理论，为高速重载精密轴承滚道控形控性制造提供科学依据和技术方法。具体技术路线为：首先，通过材料学理论、力学理论分析和轴承疲劳实验测试，建立轴承滚道基体材料组织状态模型和分类方法，揭示轴承滚道基体材料组织状态、服役载荷与疲劳寿命的相互作用规律，建立高性能轴承材料组织状态优化设计理论与方法。通过轧制塑性变形热力耦合建模和数值模拟，揭示滚道轧制过程中基体晶粒、晶界、碳化物与流线变化规律和表面状态变化规律，阐明基体材料组织和表面状态遗传演化机理。通过轴承滚道轧制成形数值模拟和实验测试，揭示轧制过程条件、宏观精度、微观组织相互作用规律，提出轴承滚道几何精度和组织性能控制成形工艺规划与优化方法。然后，通过轴承滚道磨削过程数值模拟和实验测试，揭示磨粒与工件微观作用机理，变质层和残余应力的形成机理，表面强化层的形成机理，阐明磨削过程工艺条件，滚道表面状态和表面强化层相互作用和变化规律，建立轴承滚道强化、表面状态控制磨削理论和技术方法。

在磨削基础理论、弹塑性力学、传热学、热力学、摩擦学及材料学等多学科综合交叉的基础上，注重理论分析、试验研究与数值模拟相结合的研究路线，开展轴承滚道磨削的理论和应用基础研究。基于力学、传热学基本方程结合适当的数学方法，建立磨削工艺参数和冷却条件与滚道表面物理机械特性的数学关系模型；开发及利用专业软件，实现磨削过程中轴承滚道表面物理特征的数值模拟；通过构建磨削试验平台和测试平台，利用相关的测试技术对数值结果进行验证并修正理论模型，建立轴承滚道表面完整性的可控磨削和强化理论体系。

（6）在轴承服役性能控制方面　首先，利用有限元方法和接触力学的相关理论，研究在装配力作用下滚动轴承各组件宏、微观几何特征在多结合面间的传递及累积规律，建立对轴承装配体精度的基本分析方法。然后，基于此方法，研究载荷引起的变形在多结合面间的传递及累积规律，在轴承动力学计算模型中计入轴承组件变形、润滑性质的变化，以分析零部件几何特征（如波纹度、表面粗糙度、位置偏差等）对旋转精度的影响规律。最后，参考轴承磨损方面的相关研究结果，将轴承表面微观形貌随时间的变化规律计入旋转精度的计算模型，研究服役条件下轴承旋转精度随时间的演变规律。在对旋转精度研究的基础上，利用试验与分析相结合的方式，研究轴承内部生热及热量的累积与传递规律，在此基础上，进一步研究轴承零部件选择与组装的配套原理（过盈量或间隙量、公差等）、安装工艺参数（与轴或轴承套的过盈量、游隙，安装顺序等）、服役条件等对轴承发热、振动及噪声的影响，揭示轴承热－力－服役性能之间的耦合及服役性能的创成机理。在上述理论研究的基础上，利用智能学习方法，建立轴承几何特征、装配参数、服役条件及预紧力等与服役性能之间的非线性映射模型。利用此模型进行反演计算方法研究，获得对轴承组件的精度设计，同时利用现代优化算法及精心设计的预紧力调整机构，实现对预紧力的实时在线调控，以保证轴承的服役性能满足服役环境的要求。最后建立集成上述研究成果的高速精密轴承和大型重载滚动轴承技术原型，在实验室及实际装备上验证其性能。

综上所述，该项目以理论和实验相结合为基础，以宏观与微观研究思想规划研究方案。面对高速重载精密高性能滚动轴承核心技术的难点和挑战，发展新的理论。研究多场耦合作用下润滑动态接触问题的机理，阐明制造过程轴承组件几何精度和基体组织遗传演化规律，揭示服役工况下轴承服役性能创成机理，期望在关键基础理论和关键技术研究方面实现重大的突破，在核心技术上获得足够的提升，为我国高端轴承自主设计与制造提供理论支持和技术保障，从而突破我国

重大装备关键轴承系统依赖于进口的瓶颈问题。

（7）高性能滚动轴承技术原型开发　针对高档数控机床、高速铁路所需的高性能滚动轴承，联合秦川机床厂、沈机集团、昆明机床股份有限公司、大连机床厂、长春客车厂和青岛四方机车车辆股份有限公司等高性能滚动轴承最终使用用户，基于已有的检测设备和项目拟开发的检测、数据采集系统，对高性能滚动轴承服役工况进行检测、分析，并建立模型；基于该项目理论、试验的研究成果，进行面向轴承服役性能的滚动轴承宏、微观几何量和润滑介质设计；充分利用瓦房店轴承集团有限责任公司现有高档轴承制造装备，并且针对该项目提出的加工工艺，与瓦轴集团装备研究所、洛阳轴研科技股份有限公司等轴承装备生产商合作进行设备试制或改造，实现轴承组件的控形控性制造；根据该项目提出的装调工艺进行轴承的装配与调试，形成轴承技术原型；最终在瓦轴集团研制的综合性能测试平台上完成符合高档数控机床、高速铁路实际工况的性能加速测试。

3. 可行性分析与组织方式

参加学校有西安交通大学、上海交通大学、中国科学院兰州化学物理研究所、北京理工大学、武汉理工大学和青岛理工大学。它们长期从事润滑理论、摩擦学、轴承技术、测试技术、摩擦学设计、材料热处理、轧制技术和磨削技术等机械制造的基础研究与实践工作，在轴承技术、摩擦润滑基础理论及其关键技术研究方面积累了丰富的成果。此外，西安交通大学与瓦轴集团计划合作建立研究院，对该项目提供了工业设计及实践方面的有力支持。合作单位瓦房店轴承集团有限责任公司始建于 1938 年，新中国第一套工业轴承就在这里诞生，是我国目前规模最大的轴承制造企业。2009 年产值已达 60 亿元，是从事各种高速重载轴承生产的国有企业，建设有先进轴承技术室，其定位是集成国内外轴承研究力量，形成高速重载精密轴承创新基地与技术集成平台，提升我国轴承工业水平及尖端轴承技术水平、研发水平，资助部分基地实验、轴承研发试制及技术的工业化开发。

研究队伍汇集了国内外在精密轴承理论与技术，润滑与摩擦学，微接触力学，轴承系统动力学，轧制、磨削制造技术，先进数值与实验测试技术等方面的知名教授、中青年专家和研究团队，他们在轴承与润滑、摩擦学设计、大型旋转机械、超精密球面轴承及先进制造等领域取得了多项重大的理论与技术成果，为该项目的科学问题和关键技术的研究打下了良好的基础。

（1）在轴承界面系统接触和摩擦研究方面　西安交通大学机械工程领域几位院士组成的团队多年来从事与该项目相关的关键领域——轴承、摩擦学、精密

加工与状态检测等研究工作。谢友柏院士及朱均教授等创建的西安交通大学润滑理论及轴承研究所在轴承领域作了长期、大量和深入的研究工作，是我国高等学校中最大的轴承研发基地和机械学科博士、硕士培养基地。近年来，承担国家自然科学基金项目、国家自然科学基金重大项目、国家重大攻关项目、“973”项目、“863”项目以及省部委及工业项目等 20 余项与轴承设计理论、动力学、摩擦学等相关的研究课题。自主研发了我国第一台可直接测量轴承机械变形与热变形的全尺寸及大型轴承试验台，积累了诸多理论、试验与测试等经验。这些均为该项目研究工作的开展提供了坚实的工作基础。

近年来，在超精密轴承领域的研究方面，西安交通大学的轴承项目的研究团队在已有多年积累的宝贵经验基础上，基于多学科交叉方式在机械工程相关领域的研究成果，创造性地提出用于复杂界面问题的一套关键基础理论体系，并随后被用于机械、生物工程系统与界面力学研究当中，特别是建立完善了现代球基等工业与生物界面问题现代理论体系。主要成果均发表在国际知名刊物上。近年来还开发了几部大型复杂界面耦合系统中摩擦、磨损与润滑问题的分析软件。这为本项目涉及的科学问题、具体研究课题以及关键技术的研究提供了重要的学术平台。图 8-2 所示为滚动轴承试验台。

图 8-2　滚动轴承试验台

（2）在润滑及失效机理研究方面　北京理工大学建有车辆传动国防科技重点实验室、先进制造技术国防重点学科实验室、国防科技工业微细结构加工技术研究应用中心、振动与噪声控制实验室、计算机应用与仿真实验室等与该项目相关的实验室。在装备动力学、结构力学及摩擦学等相关领域的基础研究方面具有显著的优势与特色，并拥有良好的实验与设备条件，为课题的实施提供了保障。

课题组多年来一直从事润滑的机理研究和润滑性能的数值模拟与实验研究，已取得了一些具有创新意义的成果，所发展的热混合润滑模型具有模拟不同润滑状态和接触程度的能力，受到同行高度关注和评价，是目前世界上最成功的润滑接触分析模型之一。课题组在混合润滑方面某些已完成的研究成果（包括已建立的点接触等温混合润滑模型和混合润滑的热分析等）可以作为本研究的已有基础。此外，课题组已进行了一些与表面粗糙度效应相关的润滑模拟研究，部分工程表面的初步摩擦学实验研究，以及初步发展的摩擦力统一计算模型，这些成果均是与本项目密切相关的前期研究积累。课题组在润滑、摩擦机理及传动系统研究方面有比较深厚的积累和经验，在数值分析和理论建模方面有较高的学术水准，与国际学术界有较广泛的学术联系和交流，有一支能够熟练掌握和运用计算机模拟技术，以及实验技术的研究队伍。这些成果和条件能确保课题的顺利实施。

青岛理工大学摩擦学研究所在固－液耦合场的润滑研究方面有非常好的研究基础。理论方面，青岛理工大学摩擦学研究所在弹流基础理论方面进行了大量系统的工作，建立的热弹流表面温度粘度楔理论在国际上享有较高声誉。已形成的多重网格算法性能十分优越。近两年针对热条件下的乏油及动态非牛顿混合润滑薄膜最佳供油量的问题进行了深入的研究，这些研究工作为本课题中的理论分析和数值模拟奠定了坚实的工作基础。实验方面，建立了多光束干涉测量技术，成功研制了超薄润滑油膜测量仪，旋滑／旋滚薄膜润滑测量仪及面接触润滑油膜测量系统，在油膜厚度测量系统的设计、加工和调试方面积累了大量经验，这为该项目实验系统的建立和相关实验研究奠定了基础。另外，项目组在固液界面的研究方面近年也完成了许多工作，特别是亲／疏油（水）表面的制备和对润滑油膜的影响的实验测量已有成果输出。这些工作为该项目相关的研究提供了前期数据。项目组目前拥有与该项目有关的大量基本实验设备，项目组多名成员具有海外学术研究活动、学习和国际合作交流工作的经历，从事专业包括机械设计与理论、机械电子、物理化学及材料学，有利于该项目的多学科交叉研究。

（3）在润滑介质失效与新润滑材料研究方面　中科院兰州化学物理研究所薛群基院士领导的研究团队，立足于固体润滑国家重点实验室这一高水平研究平台，长期致力于先进润滑材料的基础研究与高技术应用开发工作，当前已成为国内该领域最有实力的研究团队之一。在该项目涉及的装备关键摩擦副润滑失效及表面功能防护研究方面，近年来以揭示特殊工况及苛刻环境下材料的润滑失效机制和延寿理论为导向，从摩擦副表面高性能润滑剂分子设计、表面多功能强化、固体

润滑薄膜构筑以及精密机械系统固－液复合润滑体系的设计多方面入手，系统深入地研究关键装备摩擦副的摩擦磨损失效关键基础理论和高效延寿技术，承担了国家自然科学重点基金、“863”等多项国家重要项目的研究工作。上述的研究工作积累为本项目有关轴承润滑介质失效机制及先进轴承润滑材料设计课题研究目标的完成奠定了良好的前期基础。多年研究证明摩擦副表面微／纳结构自适应固体润滑薄膜以及其固－液复合多重设计理论与技术在轴承中应用是可行的，为开展高速高载轴承系统表面润滑失效及先进润滑防护设计研究打下了良好的基础。

中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑国家重点实验室拥有有关润滑剂制备、表面微纳米加工、表面沉积成膜等所需的制备、表征及性能研究的先进设备，有老、中、青合理搭配，具有丰富理论功底和研究经验的研究团队，相关研究人员已在摩擦面精加工、先进表面自润滑层构筑及高性能润滑剂设计制备方面积累了丰富的理论基础与研究经验，近年来每年平均在相关领域发表研究论文 100 多篇，申报国内外发明专利 20 多件，培养相关专业的博士、硕士 30 余名。这些成果和条件可确保课题的顺利实施。兰州化学物理研究所液氢液氧火箭涡轮泵支承轴承和液氧煤油大推力火箭涡轮泵支承轴承分别如图 8-3 和图 8-4 所示。

图 8-3　液氢液氧火箭涡轮泵支承轴承

图 8-4　液氧煤油大推力火箭涡轮泵支承轴承

（4）在轴承材料热处理工艺研究方面　上海交通大学徐祖耀院士领导的课题组长期从事固态相变（包括马氏体相变和贝氏体相变）热力学、动力学和晶体学的研究，从事相变研究数十年，出版专著 9 部，发表论文 400 余篇，在国际期刊中被多次引用。曾获国家自然科学三等奖，国家科技进步二等奖，国家教委科技进步一等奖、二等奖（两次）等。

与此相呼应，潘健生院士所领导的课题组致力于将相变理论应用于热处理工艺

的基础研究，在热处理数学建模与计算机模拟、热处理智能技术、钢铁化学热处理领域达到国际先进水平，合作主编的《钢铁热加工模拟手册》由国际热处理与表面工程联合会和CRC出版社在美国出版，曾获国家科技进步二等奖和国家发明三等奖。徐祖耀院士的固态相变热力学、动力学和晶体学课题与潘健生院士的相变理论应用于热处理工艺课题紧密合作，具备对基础理论研究、应用基础研究和应用研究相结合的整体实力。自1983年以来，得到自然基金委员会的资助，开展贝氏体相变和热处理计算机模拟等基础研究，取得了一些创新的成果。2005年在Icomat'05上海国际马氏体相变会议上报道了预应变对贝氏体相变开始温度的影响，热机械模拟的初步研究表明，塑性变形对贝氏体转变有促进作用，得到与会者的关注。

上海交通大学在利用激光进行表面改性技术方面有良好的研究基础和技术积累。上海市激光制造与材料改性重点实验室依托上海交通大学材料科学与工程学院，长期开展焊接技术、表面改性与焊接装备的研究，是国家科技部国际科技合作基地、国防科工委特种焊接技术应用中心理事单位及国防科工委大型构件焊接技术应用中心理事单位，为国家科技部、国防科工委、上海市科委、航空航天及舰船制造开展并完成了多项激光焊接的科研攻关。实验室装备了由3kW YAG激光器，ABB六轴＋2轴工业机器人，以及Funac控制精度三维机床组成的激光焊接系统和15kW高功率CO_2激光焊接设备。特别对使用激光+MAG、激光+TIG的方法作了很多技术研究及前期准备。多项科研成果获上海市科技进步奖、国家科技进步奖、上海发明专利奖等奖项。激光焊接试验平台如图8-5所示。

图8-5　激光焊接试验平台

（5）在轴承组件可控性制造方面　武汉理工大学自20世纪80年代开始环件轧制成形理论和应用技术、摆辗成形理论和应用技术等特种轧制相关领域研究，

先后主持了国家科技重大专项课题“精密锻轧成套新技术”、国家“863”计划项目“大型环件成形制造过程数字化建模仿真与工艺优化”、国家自然科学基金重点项目“金属环件冷辗扩塑性成形机理及工艺设备”、国家自然科学基金面上项目“环件冷轧－淬火中细－微观变形与损伤规律研究”、湖北省重大科技招标项目“轴承环冷轧成形工艺与模具”、原机械部科技攻关项目“ϕ500 数控轧环机”等一系列科研课题研究工作。开发出了复杂截面的钢铁环件、铝合金环件热轧和冷轧精密成形技术，开发出了新型轧环机、长寿命轧制模具及轧环工艺 CAD/CAE 技术等，研究成果得到了广泛应用。获得了 GM 中国科技成就二等奖、陕西省科技进步一等奖、湖北省技术发明一等奖等奖励。结合以上项目研究，武汉理工大学在环件轧制技术领域发表研究论文 60 余篇，撰写出版了《环件轧制理论和技术》专著，并参与了《中国材料工程大典》《中国模具工程大典》《锻压手册》等环件轧制成形章节编写，获得中国发明专利 5 项，计算机软件著作登记 2 项。设有材料复合新技术国家重点实验室、现代汽车零部件技术湖北省重点实验室装备了的 D51—160A 热轧环机、DWG90 数控轧环机、CRM220 数控轧环机、各种材料分析仪器以及计算机工作站和计算分析软件等，具有良好的研究实验条件。

课题组与山东大学机械工程学院进行了磨削研究合作，在超高速加工及其装备的基础研究“973”项目的资助下，对磨削加工磨粒与工件的作用机理、磨削热产生和传散与热力耦合作用及数值模拟等方面进行了深入的探讨，积累了丰富的研究成果，为该课题的研究奠定了坚实的理论基础。在试验条件方面，合作单位拥有数控强力成形磨床一台，可使用三向压电式磨削测力仪、热电偶传感器、红外测温仪、表面粗糙度检测仪、扫描电子显微镜、金相显微镜、显微硬度计、X 射线衍射仪、残余应力测量仪、光学显微镜以及 NI 公司的数据采集和分析系统等成套的测量仪器。环件在不同轧制时间的模拟和真实形状如图 8-6 所示。

图 8-6　环件在不同轧制时间的模拟和真实形状

（6）在轴承装配与性能控制研究方面　西安交通大学卢秉恒院士领导的科研团队，在重大装备集成技术、复杂机械系统装配理论、先进制造技术、超精密加工及传感器等方面作了深入的研究工作。如所开展的超高速加工及其装备的关键核心部分就涉及超高速精密轴承技术，必然为本课题的研究提供宝贵的经验与工况分析数据。在“985”平台支持下开发的超高速精密加工技术，可为该项目研究中涉及的高速重载精密轴承回转精度的控制提供有利的技术支持。同时，课题组在机械系统刚／柔性构件的装配连接工艺领域具有丰富的研究工作积累，近年来先后与国内汽车、飞机制造企业就关键连接工艺参数对于零部件连接质量的影响规律展开了合作研究，承担了“复杂机械系统装配基础理论与质量保障技术研究”国家重点基金项目，正在搭建轴承性能分析综合实验平台，为轴承的装调提供了研究基础。

在西安交通大学已故屈梁生院士领导的团队中，在机械设备故障监测与诊断的研究方面，以大型机械设备、转子系统等为背景，以转子动平衡的全息谱理论、频谱分析、信息融合、小波理论、模式识别等系统理论为基础，研究系统监测与诊断的关键基础理论和技术，承担了“863”、自然科学基金重点项目等多项课题，为服役工况下轴承的在线监测及性能控制奠定了基础。

（7）高性能轴承制造企业　瓦房店轴承集团有限责任公司（以下简称瓦轴集团）始建于1938年，新中国第一套工业轴承就在这里诞生，被誉为中国轴承工业的故乡和摇篮。瓦轴集团是我国目前规模最大的轴承制造企业，技术创新能力、市场竞争能力、产品赢利能力及经济总量在中国轴承工业综合排名第一。2008年集团公司实现销售收入52亿元。公司荣获“中国机械500强”称号。

近年来，瓦轴集团经过大规模的技术改造和技术创新，产品的开发能力得到了大幅度的提升，随着瓦轴集团精密技术与精密制造工业园的建设投产，已经具备了高速、高精度、高可靠性轴承产品的加工能力，并且掌握了先进的制造技术。一大批产品已经达到了世界先进水平，成功地研制出具有自主知识产权的时速200km高速客车轴承、兆瓦级风力发电转盘轴承、重大型数控机床主轴轴承、石油钻井机械轴承及精密医疗器械轴承等，并已经实现了批量配套。建成了现代化铁路提速轴承、高速高精密数控机床轴承等一批具有当代世界一流水平的生产线。建成了国内轴承行业一流的检测试验中心并通过了国家实验室的认可，国家级的企业技术中心在轴承行业综合排名第一，具有雄厚的技术开发实力，具有较强的技术转化机制和技术创新能力。每年R & D的投入均超过销售收入的5%。

近年来企业申请专利 205 项，其中发明专利 53 项。获各种奖励近 200 项，研发了大量新产品。瓦轴集团将全力支持该项目的研究，并与各研究单位紧密合作，在精密重载轴承的试制、加工、加工工艺和试验等方面提供配套人员与资金，共建企业－高校研究合作机制。此外，企业也将在技术转化方面提供支持。

（8）创新基地　拟任的项目组首席专家及项目组成员有长期从事本领域研究工作的经验，是有关机械设计、制造和装配等方面研究的著名专家。因此，能够确保及时把握国际上最新的研究动态，使研究工作始终保持在国际前沿。

参加单位在机械工程学科、材料学科以及相关领域拥有良好的研究平台，拥有“机械制造系统工程国家重点实验室”“国家大型轴承工程技术研究中心”“国家快速制造工程技术研究中心”“金属材料强度国家重点实验室”“固体润滑国家重点实验室”“先进润滑与防护技术国防创新研究中心”“轴承研发中心”“金属基复合材料国家重点实验室”“材料复合新技术国家重点实验室”“车辆传动国防科技重点实验室”“先进加工技术国防重点学科实验室”等，以及上海市“激光制造与材料表面改性实验室”、山东省“机械设计与制造重点实验室”、教育部“现代设计与转子系统重点实验室”及“强度与振动重点实验室”。特别是在“985”工程建设中，西安交通大学等投入数亿元筹建了“制造科学与技术”、“精密制造技术与装备”等工程科技创新平台，这为该项目的顺利开展提供了有力的物质和条件支持。

4. 创新点

本项目致力于发现轴承服役过程中多物理场作用下的各种物理与化学行为及服役性能演变规律，建立创新的轴承设计与制造基础理论，全面系统地开展轴承装配与服役中的科学问题研究。主要的创新点和特色包括以下几个方面：

（1）理论层面

1）提出高性能轴承多界面系统动态润滑接触理论。

2）提出轴承表面微 / 纳复合结构自适应固体润滑薄膜构筑方法，研制具有极端条件适应性和表面损伤自修复性的新型轴承润滑剂。

3）提出以热力学、动力学和晶体学为基础的微观组织调控基础理论。

4）提出轴承组件制造过程中组织状态遗传演化理论。

5）揭示滚动轴承服役性能创成机理。

（2）技术层面

1）轴承界面系统复杂性摩擦学行为大规模数值模拟技术。

2）轴承组件控形控性制造技术：热处理、表面改性、轧制、磨削工艺参数的精确控制。

3）滚动轴承服役性能在线调控技术。

（3）实验方法层面

1）高速重载精密滚动轴承摩擦学行为长期演化测试平台与数据处理方法。

2）服役条件下滚动轴承润滑特性的测量方法。

3）轴承滚道基体组织性能可控性轧制成形数值模拟实验和物理模拟实验方法。

4）磨削力和磨削温度的同时在线测试方法。

5）轴承服役性能、预紧力在线测试与控制方法。

5. 课题设置

项目根据研究内容共设置以下六个课题：

课题1　轴承复杂界面系统相互作用的动态接触机理及轴承失效

（1）预期目标　高速重载精密轴承复杂界面微约束空间上涉及多物理多系统相互作用等问题。本课题通过发展复杂界面系统耦合场相互作用下动态接触理论及数值模拟技术，探索高速重载精密轴承复杂界面系统的表面几何拓扑结构、润滑剂、轴承运动条件以及轴承材料的性能等因素对界面局部与整体动态接触的影响规律；研究接触区域演化，摩擦与磨损动态长期发展累加效应及其对界面耦合场动态演化的行为规律，为发展高速重载精密轴承设计、加工与应用技术提供理论基础和科学依据。面向精密滚动轴承研究领域，提出发展包括滚动体及滚道的、表面几何拓扑结构的及流体薄膜流动等的复杂界面系统多场耦合作用下动态接触理论及宏微观求解模型，以多域、多尺度方式开展对界面耦合场动态微接触问题的研究。基于动态接触理论、摩擦与磨损预测模型，研究轴承运行失效机理。

（2）研究内容

1）轴承复杂界面系统相互作用的接触理论与失效机理。轴承动态接触理论与方法的发展是高速重载精密轴承系统的一项基本研究，是认识轴承接触机理与失效机制及其他相应摩擦学问题的基础。考虑滚动轴承界面与结构复杂性因素，特别是各种微观尺度或隐含因素的影响，传统的赫兹接触模型和有限元方法的局限性已经不能独立用于微观接触机理问题及相关摩擦学行为问题的有效预测。该课题将考虑具有球基或柱基几何滚动轴承复杂界面系统接触特点，发展能够适合高速重载精密滚动轴承研究问题要求的界面系统弹性理论、动态微接触理论以及大规模数值模拟方法。这需要发展能够使用快速模拟技术的弹性模型、接触力学

模型、复杂界面的微观力学表征方法、宏微观接触力学整合模型以及相应的动态跟踪方法等。此外，设计、制造及安装中诸如关键尺寸因素也将在这个问题中得到研究。复杂界面动态接触理论与方法的发展为提高对高速重载精密滚动轴承失效机理的认识提供科学的理论基础。

2）宏微观拓扑结构对摩擦学系统行为长期演化的影响规律。研究轴承滚动体与滚道界面拓扑结构对轴承系统动态微接触及润滑接触的影响规律，以及进一步的摩擦与磨损预测模型；探索滚道结构、滚动体形状、回转制造精度、表面加工精度以及材料性能匹配等对多物理与多系统耦合场相互作用下摩擦学行为长期演化的影响规律，以便获得滚动体及滚道与耦合场相互适应的设计制造指导规范，包括考虑运行条件、材料及粗糙表面等因素。

3）混合润滑状态下微观动态接触系统动力学行为。轴承微观动态接触的系统动力学表现是认识高速精密轴承长期运行的精度保持机制或失效机理等问题的理论基础。轴承在多物理耦合场作用下微观动态接触与系统动力学相关性的研究，包括微接触区动态跟踪、滚动摩擦、滑动接触摩擦、全膜接触摩擦、混合接触摩擦、摩擦损耗精确预测及复杂微接触区域上的动态牵引滚动接触问题等模型与预测方法。进一步研究包括轴承微观形貌与滚道形式等对摩擦及损耗的影响，并通过实验验证模型的准确性。

4）真实工况试验与理论预测有效结合及对轴承远期性能发展的预测。高速重载精密轴承通常工作在特定的真实工况下，其性能与失效模式往往不适合用加速实验方法进行寿命预测。通过轴承界面复杂相互作用的动态接触理论及摩擦学系统行为的研究，发展将真实工况下的轴承实验与模拟研究有机结合的模型，据此实现对真实工况下轴承远期性能发展或失效表现的有效预测。

5）急速起停工况轴承动态接触行为对轴承可靠性影响规律的研究。急速起停工况是指轴承在极短时间内运动状态和承受载荷发生剧烈变化的一种工况，其研究成果有着重要的应用价值。高可靠性的要求需要对其接触机理与寿命预测给出准确的理论预测与实验评估。在这一类脉冲高速精密轴承中，极速工况下百分之百可靠性的要求对轴承的设计与制造及安装提出极高的要求和技术上的挑战，需要对整个轴承界面系统对工况的适应程度和工作机理以及失效机制进行深入的认识，包括急速起停工况下的微接触区域的变化规律、混合接触、微观界面几何拓扑结构设计与制造等对轴承性能的影响。此外，急速工况的动态微接触及其对动力学系统影响的分析也包括在该研究中。

课题2　高速重载精密轴承润滑机理及热失稳机制

（1）预期目标　针对高速重载工况下引发的轴承润滑失效和热失稳问题，建立多因素耦合的宏微观润滑接触分析模型，揭示高速、重载工况下滚动轴承的润滑成膜能力；分析润滑膜热失稳机制；建立局部微凸体上润滑膜破裂和表面温度的关系；研究轴承系统中润滑油的分布规律及对润滑性能的影响，发展真实工况条件下润滑油膜的动态测量技术，为高速重载等极端工况下轴承的稳定精密运行提供理论基础。

（2）研究内容

1）滚动轴承接触界面全尺度多因素耦合润滑接触建模。发展乏油效应和微特征间气穴效应的算法，构建综合考虑表面粗糙度效应、微特征间气穴效应、乏油效应和温度效应等多因素耦合的润滑摩擦理论模型。该模型将可以同时处理不同的润滑接触区（包括表面直接接触），将作为滚动轴承润滑与摩擦机制研究的理论基础。同时，发展高效高精度的数值计算方法。

2）高速重载条件下滚动轴承的油膜润滑机理及界面参数影响规律研究。研究极端工况下滚动轴承摩擦副的表面形貌参数、接触体温升、接触体应力分布及变形、润滑油流变特性对成膜性能的影响规律，润滑膜的流变、时变特性与承载能力的关系，高温润滑失效机制和控制方法，为滚动轴承的接触副结构和润滑设计提供基础。

3）高速重载工况下滚动轴承接触界面流体润滑的热失稳机制。研究轴承在高速重载工况下升温引起的润滑膜热失稳机制。轴承在工作的动态过程中，润滑状态将随工况参数的变化而发生转变。该课题将通过实验手段和数值模拟，考察润滑膜热失稳的发生、表面膜的吸附和解附，以及对摩擦因数的影响，建立微凸体上润滑膜破裂和表面温度的关系，进而确定油膜破坏的临界温度，为流体膜热失效提供判据。

4）轴承工作条件下润滑介质在运动界面的分布规律和成膜机理研究。探索高速条件下轴承中润滑介质在接触界面的分布规律。建立轴承固体表面润滑介质分布的测量方法，研究高速条件及轴承特有的运动学及动力学特征下润滑介质的分布，为轴承润滑理论中分析润滑介质的供给提供理论依据。应用数值分析及实验手段，研究轴承中润滑油膜的建立及行为特性，重点研究极度微量供油时不均匀或不连续油膜区的建立、过渡及保持。通过这方面的研究，找到最佳供油量条件与载荷、速度及表面特征等的关系，并得到油膜形状、厚度、边界膜所占比例等与供油量之间的关系。同时研究表面所携油层厚度为微米尺度条件下的油膜厚

度和形状。研究结果将纠正关于供油条件的错误理解，为更有效、更经济、更环保的润滑设计提供理论依据。

5）真实条件下滚动轴承润滑油膜的测量技术及相关机理研究。开发能够模拟真实工作条件下滚动轴承的润滑油膜测量系统，在轴承系统中对滚动体与滚道间的润滑过程进行直接观察与测量。通过实验测量，揭示轴承真实工作条件下的润滑状况，主要包括润滑油膜的建立及演化过程、油膜的厚度及形状特征，以及各滚动体润滑副之间的相互影响。利用开发的测量系统研究不同润滑条件下轴承的润滑特征，包括自由表面油层的分布特点，润滑区油膜的特性，为其工程设计提供基础数据。

课题3　轴承多重润滑膜生成机理及新型轴承润滑材料设计

（1）预期目标　阐明轴承复杂运动导致的多种物理化学过程对轴承润滑膜生成与失效行为的影响规律，发展轴承表面多尺度微／纳复合结构自适应固体润滑薄膜构筑的新原理和新方法，探索具有极端条件适应性和表面损伤自修复性的轴承润滑剂结构设计、制备及轴承摩擦表面远程在线结构重整、表面强化及表面微损伤自愈合的新理论与新方法，建立基于固－液耦合多重润滑的高可靠自适应润滑技术的相关理论，阐明其在极端条件下与环境相互作用规律，为高速重载精密轴承系统提供先进轴承润滑材料方面的理论与技术支持。

（2）研究内容

1）研究极端工况条件下轴承构件表面润滑膜生成与失效行为机制。以典型精密、重载或高速轴承系统的润滑材料为研究对象，根据其服役环境和特殊运行指标，在模拟服役速度、温度、压力、环境及随机突变工况等条件下，通过摩擦学试验，研究轴承表面层、润滑介质的分子结构及微纳米结构对轴承摩擦界面润滑膜形成与失效行为的影响规律，研究轴承表面与润滑剂在摩擦过程中的物质交换、分子生成及微结构演化规律，在此基础上得出多因素耦合作用下轴承界面物质结构演化过程以及轴承润滑失效的材料学机制，为轴承表面的微纳米结构设计加工及润滑剂的分子设计奠定理论基础。

2）轴承构件表面微／纳复合结构固体润滑薄膜构筑。基于低温真空薄膜沉积技术，采用磁控溅射复合磁过滤阴极弧气相沉积复合方法，从薄膜纳米晶／非晶复合结构、多元／多界面材料特性协同以及表面织构化效应三方面入手，在轴承摩擦副表面发展高硬度、高韧性、超低摩擦因数及优异抗磨性能，以及具有一定摩擦环境自适应、自修复和自润滑特性的多尺度织构化碳基复合薄膜体系。重

点突破表层非晶/纳米晶微结构的可控制备以及表面织构多尺度构筑方法，研究相应的成分和结构与薄膜润滑性能关系的尺度效应，从理论上揭示特定环境下膜层自适应与低环境敏感性行为的形成机理，提出该类薄膜体系在高速重载下的失效机理和延寿理论。

3）具有极端条件适应性新型润滑介质设计制备。基于分子设计和微纳米结构设计，发展可适应极端温度、极端速度、超重载荷、恶劣环境（强腐蚀、水淋、化学介质、粉尘、深海环境、高空及空间等）的流体（润滑油）及半流体（润滑脂）轴承润滑介质，研究分子结构、微纳米结构与其滚动轴承实际工况之间的关系规律。在此基础上进行优化设计以突破当前常规轴承润滑剂在极端条件下使用的局限。基于润滑剂与轴承表面摩擦物理化学过程导致的物质交换及结构重塑特性，设计制备特殊结构的化合物或纳米颗粒材料导入轴承润滑体系，研究通过有益界面摩擦物理化学行为及可控摩擦表面沉积过程，实现摩擦表面结构重整、表面强化及表面微损伤自愈合的理论与方法。

4）固－液耦合多重润滑体系的设计及服役行为。研究具有特定微结构轴承摩擦表面的服役特性、对不同润滑剂的响应特性及功能退化机制，研究轴承表面润滑改性层对不同润滑剂的适应特性与协同作用，在此基础上研究协同利用轴承表面微结构加工、自适应固体润滑薄膜及外加润滑剂等，提高轴承对多变工况环境下适应性的改善效果，进而建立基于固－液复合多重润滑的高可靠自适应润滑技术的相关理论，为高速重载精密轴承系统提供先进轴承润滑材料与技术支持。

5）新型润滑材料与服役环境相互作用的机制的研究。研究不同润滑材料与轴承工作条件及周围环境的相关性，研究轴承摩擦副表面层对不同润滑材料的适应特性及协同作用，研究多重因素影响下滚动轴承润滑膜生成与失效机理，探索润滑材料与各种实际工况的相关规律，在此基础上建立高可靠性的相关性模型，发展多因素影响下高速精密重载滚动轴承润滑技术。

课题4　轴承材料热处理工艺与组织性能调控

（1）预期目标　实现轴承材料从宏观尺度、细观尺度和微观尺度全面的组织、性能、应力场调控，使之与设计和轴承服役条件最佳配合，提高抗疲劳、耐磨、耐腐蚀和尺寸稳定等性能，使得兆瓦级风电轴承的使用寿命稳定在20万h以上，达到时速350km以上高速轴承的使用要求，满足大飞机轴承的使用要求。

（2）研究内容

1）新型热处理工艺过程中纳米尺度的组织和性能控制机理。基于固态相

变理论，以典型轴承材料为研究对象，根据其服役环境和特殊运行指标的要求，对其成分和微观组织进行合理设计，以实现轴承材料微观组织与性能的最优化设计；结合新型的热处理工艺（QP，QPT），通过实验研究轴承材料中的马氏体、贝氏体和弥散碳化物的微观形态和体积分数，对轴承材料的强度和硬度的影响规律，研究贝氏体和残留奥氏体的微观形态和体积分数对轴承材料韧性的影响规律，在此基础上得出多相组织复合作用下轴承材料的强韧化机理，建立纳米尺度轴承钢的组织和性能控制机理，为精密、重载或高速轴承材料的设计和开发奠定理论基础。

2）热处理过程中温度场、组织性能场和残余应力场耦合条件下的计算机数值模拟。轴承钢的热处理工艺过程中存在复杂的温度场和相变，材料的组织、性能和残余应力很复杂，且相互影响和关联。基于热弹性模型，采用有限元分析模拟，分别从温度场和组织场入手，研究由温度引起的初应变、相变引起的初应变和相变塑性对残余应力场的影响，研究热处理过程中三者之间的耦合机制，并建立轴承钢热处理过程中温度场、组织场和残余应力场之间的多场耦合模型。数值模拟系统研究结果为多场下热处理工艺的正确选择和调整，为进一步优化热处理工艺参数提供理论依据。

3）针对不同服役条件下的组织和性能的精准调控及其工艺原理。高速、重载、高温和精密等不同服役条件下，轴承零件所需要的性能、残余应力场及组织场是不同的，针对不同的服役条件所要求的性能及其空间分布，在纳米尺度的组织调控机理和多场耦合下计算机数值模拟研究成果的基础上，对材料的组织和残余应力场精确设计，并系统研究在纳米尺度控制材料组织和性能场的工艺原理。

4）不同服役条件下表面改性技术应用的基础研究。研究轴承零件渗碳、渗氮的精确控制技术；研究轴承零件在不同服役条件下的激光熔覆技术和激光熔覆过程中裂纹形成与消除机制，进一步优化激光熔覆工艺参数；研究感应加热的热效应和温度场等随时间变化情况，并结合表面加热相变、冷却相变、残余应力分布及零件变形等优化感应加热表面淬火技术；在此基础上建立上述各种改性技术与轴承材料性能之间的关系，发展能形成高断裂韧性的表面改性技术的相关基础研究。

5）微纳尺度的组织表征和材料可靠性研究。高速重载精密轴承系统用合金的组织调控从微米发展到纳米尺度，表征材料制备、服役和失效分析中，多种工艺和不同服役条件下的多尺度组织，分析其演变规律，评估材料可靠性，并阐明其与热处理工艺的相关性规律，建立材料可靠性与热处理工艺相关性模型。

课题5　轴承滚道基体组织与表面状态可控性制造

（1）预期目标　阐明轴承滚道基体材料组织状态设计方法和准则，揭示轴承滚道制造过程中材料晶粒、碳化物组织状态与金属流线的遗传、演化机理，建立滚道基体组织和表面状态的可控轧制工艺规划，探讨磨削加工中磨粒与滚道表面的微观作用机理，研究热、力、相变的耦合作用对滚道表层材料组织、金属流线和表层残余应力分布的影响规律，基于可控的冷却技术和磨削工艺参数建立滚道表层残余应力分布的可控磨削技术，揭示磨粒冲击强化机制和工艺可控机理，为高速重载精密轴承滚道控形控性制造提供理论和技术支撑。

（2）研究内容

1）轴承滚道基体材料组织状态的设计方法和准则。轴承滚道服役过程中，材料组织状态损伤演化、裂纹萌生扩展、疲劳断裂等的机制十分复杂，轴承滚道基体材料组织状态与服役性能相互作用规律以及轴承疲劳寿命主要材料组织影响因素尚不清楚。因此，必须开展轴承滚道基体材料组织状态设计原理与方法研究。重点研究：轴承滚道基体材料组织状态分类与建模；服役条件下轴承滚道疲劳载荷谱计算、测试；疲劳载荷谱作用下轴承滚道基体材料组织状态损伤演化、裂纹萌生扩展机制；高性能轴承材料组织状态优化设计原理与方法。

2）轴承滚道成形过程中基体材料组织和表面状态遗传演化机理。轧制成形制造过程中轴承滚道宏观几何形态和微观组织状态同时发生变化，这种变化不仅受到毛坯初始组织状态的遗传影响，而且受到塑性变形程度、轧制成形过程条件等复杂影响。为了揭示材料组织和表面状态遗传演化机理，重点研究轧制塑性变形热力耦合模型和数值模拟，滚道轧制过程弹性变形区、塑性变形区运动变化和应变状态分布规律，轧制过程基体组织和表面状态演化损伤与裂纹形成分布规律、残余应力分布规律，晶粒、晶界、碳化物与流线变化与分布规律。

3）轴承滚道基体材料组织和表面状态可控性轧制工艺规划。轧制成形过程条件对轴承滚道基体材料组织和表面状态遗传演化方向与结果有重要影响，并直接决定了轴承的服役性能和疲劳寿命。为了实现轴承滚道基体材料组织和表面状态可控性制造，重点研究：轧制成形过程条件对滚道宏观几何精度传递和微观组织演化的影响规律，轧制成形过程参数在线测量控制方法，轴承滚道几何精度和组织性能控制成形工艺规划与优化方法。

4）磨削过程中磨粒与工件微观作用与可控机理研究。揭示磨粒与工件表面发生冲击、滑擦、耕犁和切削作用对磨削比能、磨削力和磨削温度场的影响机理，

探讨磨削液对磨削温度变化历程的影响机制，研究磨削比能、磨削热和磨削力的可控机理。重点研究：基于磨粒的冲击、滑擦、耕犁和切削作用，建立磨削比能、磨削热和磨削力的数学模型；研究磨削比能、磨削力和磨削弧区热量产生、传散的可控机理；建立磨削温度场和温度变化历程的可控磨削和冷却技术。

5）磨削过程中变质层和残余应力的形成与可控机理。研究热－力－相变耦合作用对变质层组织和残余应力分布的影响规律，揭示基于磨削热、磨削力、相变耦合作用下的变质层与残余应力分布的可控机理。重点研究热力耦合作用对组织转变规律的影响机理，揭示热－力－相变耦合作用对残余应力分布的影响规律，基于磨削热、磨削力、相变耦合作用下变质层与残余应力分布的可控机理。

6）表面强化层的形成与可控机理研究。研究磨削加工过程中磨粒的冲击作用机理，揭示轴承滚道的表层强化可控机理。重点研究探索磨粒冲击作用对工件表面强化层形成的影响机制，建立磨粒冲击作用下表面强化层硬度和残余应力分布的数学模型，揭示轴承滚道表层强化的可控机理。

课题6　高速重载精密轴承服役性能控制研究

（1）预期目标　该课题旨在探索滚动轴承从设计、制造到服役整个过程中其旋转精度与服役性能的形成机理，建立多场耦合下服役性能的控制模型；提出面向服役性能的滚动轴承组件精度、装配工艺等的设计理论；揭示服役工况下预紧力对服役性能的影响规律，发展服役性能的在线实时调控技术。研究为高性能轴承面向服役性能的设计提供基础理论和方法，为服役工况下滚动轴承的性能保障提供新技术。项目最后形成重载滚动轴承与高速精密轴承原型各一套。

（2）研究内容

1）复杂工况和服役状态建模。在研究高速、重载、冲击等复杂工况表达模型的基础上，研究复合约束（轴承座与轴）与多体接触条件下，考虑润滑状态、轴承组件宏微观几何参数（形状误差、微观形貌特征及误差、相互位置偏差等）的滚动轴承服役状态的建模方法，建立滚动轴承服役状态模型。

2）旋转精度创成与轴承精度设计。研究滚动轴承各组件宏微观几何特征及载荷引起的变形在多结合面间的传递及累积规律，揭示轴承组件几何特征对轴承旋转精度的影响机制；研究上述因素对轴承组件间相对运动关系的影响，揭示轴承旋转精度形成机理；考虑服役工况对旋转精度的影响以及对零部件表面微观形貌的磨损特性，研究服役条件下轴承旋转精度随时间的演变规律；基

于旋转精度描述模型，研究面向预定精度的轴承相关参数反演计算策略，实现轴承精度设计。

3)服役性能创成与智能调控基础研究。研究工作载荷对轴承组件宏微观形貌、接触润滑状态及摩擦磨损状态的影响及轴承内部热量的累积与传递规律；研究轴承零部件选择与组装的配套原理（过盈量或间隙量及公差等）、安装工艺参数（与轴或轴承套的过盈量、游隙及安装顺序等）、服役条件等与轴承服役性能的关系，揭示轴承热－力－服役性能之间的耦合及服役性能的创成机理。研究预紧力对服役性能的影响规律，建立预紧力与轴承服役性能的内在关联模型；研究轴承服役性能指标在线实时测量及预紧力实时调控技术，实现轴承服役性能的在线动态调控。

4）高性能滚动轴承技术原型。基于前述的对轴承接触分析、润滑失效分析、制造技术以及轴承服役性能在线测量技术的研究，建立集成上述研究成果的高速精密轴承和大型重载滚动轴承技术原型。

6. 各课题间相互关系

从国民经济可持续发展和国防军工等领域对国家重大装备和精密装备制造业的基础配套产业的巨大需求出发，瞄准国家目标，围绕 3 个关键科学问题，考虑滚动轴承设计、制造、服役 3 个层面，设置 6 个研究课题，如图 8-7 所示，目的是在重载、高速、精密轴承设计、制造的基础理论、新方法、新工艺和核心技术原型等方面取得创新成果，打破垄断，实现轴承的自主设计与制造。

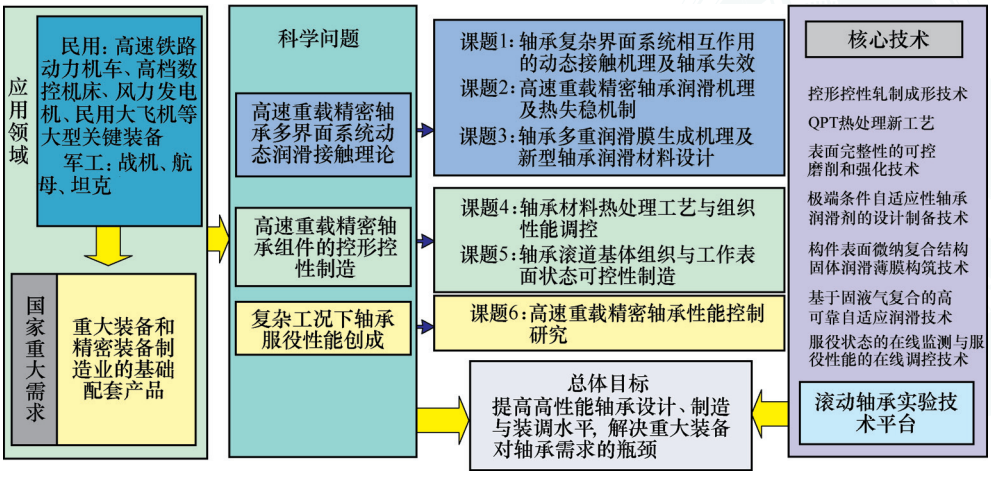


图 8-7　课题设置思路

课题 1 揭示多场耦合作用下界面动态接触行为，课题 2 着重解决润滑剂在运动副界面的分布以及润滑表面与润滑介质的耦合关系，课题 3 主要解决轴承润滑系统中的润滑材料失效和先进润滑材料的设计问题。课题 1 ～ 3 进行了轴承润滑接触的机理研究，为轴承设计提供了理论基础。课题 4 主要解决全制造过程中轴承组件基体组织和性能精准调控及其工艺设计问题，课题 5 则解决轴承组件控形控性轧制成形、表面完整性的可控磨削和强化等问题，通过课题 4 和课题 5 的研究，形成滚动轴承组件控形控性制造技术，为获得高精度、高性能和高稳定性的轴承组件提供技术支持。课题 6 主要解决复杂工况下轴承服役性能的控制问题，揭示轴承服役性能的创成机理，为轴承的装调工艺设计以及服役性能在线调控提供科学依据。6 个课题共同协作，围绕 3 个科学问题对高性能滚动轴承在设计、制造、装调及服役的全生命周期中所涉及的关键理论与核心技术进行研究，并由此构成高性能滚动轴承的基础理论体系。

（本章摘自科技部网站发布的西安交通大学“高性能滚动轴承基础研究”项目介绍）

第 9 章

发展措施

9.1 着力自主创新

建立健全以企业为主体，市场为导向，产学研相结合的技术创新体系，使企业真正成为研究开发投入的主体，技术创新活动的主体和创新成果应用的主体，全面提升企业的自主创新能力。

1. 建设行业共性技术研发平台

1）以轴研科技为基础，联合中机十院和河南科大，吸收企业参加，重建行业基础理论和共性技术研发平台。运用这一平台，从事轴承基础理论和轴承行业共性技术的研发，特别要在产品开发前期新结构、新技术的基础研究、应用研究和工程开发研究和信息化方面取得重大突破。为行业众多企业的产品工程分析、产品优化设计、轴承材料应用、轴承及零配件数字化制造技术和检测试验技术及装备、轴承标准化等方面提供有偿服务。

2）依托大型企业，建设国家轴承工程技术研究中心、国家轴承工程研究中心，进行高速度、高精度、长寿命及高可靠性重大装备轴承的产品和技术研发，不仅为本企业服务，而且向全行业提供技术辐射和技术服务。

3）依托大型企业建设风力发电机组轴承、高速动车组轴承、城市轨道交通轴承和航空轴承检测检验和试验中心，为轴承企业和轴承用户提供委托检测检验和试验服务。

2. 强化企业技术创新体系和能力建设

1）建立多层次的自主创新体系。推动企业加强以技术中心为核心，包括院士工作站、工程技术研究中心、工程研究中心、博士后科研工作站及国家认可的实验室的技术创新体系的建设，建立企业自主创新的基础支撑平台。到 2015 年，轴承行业院士工作站实现零的突破，国家认定的企业技术中心由 6 家增加到 10 家，省级企业技术中心由 20 多家发展到 50 家以上，博士后科研工作站由 7 家增加到 15 家，国家认可的实验室由 11 家增加到 20 家，其中 4 或 5 家达到国际先进水平。

2）修订和发布全国轴承企业技术创新体系和能力建设评价指标体系，在全行业开展评价活动，引导广大轴承企业根据自身的能力和需求，从组织体系、资金投入和人才开发等方面，加强企业技术中心建设，健全以技术中心为核心的企业技术创新体系，提高企业技术创新能力。企业技术中心不应是原有技术部门的

简单整合和“翻版”，应有适应作为企业自主创新的核心的新体制、机制和运行方式，应成为企业发展战略和发展规划的研究中心，信息化的集成中心，市场调研和开拓中心，产学研联合中心，新产品、新技术、新设备、新工艺及新材料的研发中心，知识产权创建和管理中心。技术中心不仅要进行近期企业生产经营所必需的技术开发，而且要进行前瞻性的研发，使企业有 3 ～ 5 年的技术储备。中国轴承工业协会重点帮助 1 或 2 家排头兵企业按评价指标体系在企业技术中心建设上先行一步，迈上更高的层次，在全行业起到示范作用。

3）引导企业加大研发投入。优势企业的研发投入要达到销售收入的 3% 以上，一般企业的研发投入要达到销售收入的 2% 以上。

4）发挥各类企业特别是中小企业的创新活力，鼓励技术革新和发明创造，逐步由模仿创新向自主创新发展。

5）实施知识产权战略，提升知识产权的创造、应用、保护和管理能力。引导企业积极申报专利，积极申报国家、省、市级科技成果奖，激发企业通过自主创新，创建核心技术自主知识产权的意识。专利授权总量年均递增 50%。专利水平显著提高，发明专利占专利总数比例由现在的 10% 提高到 20%。

3. 引进外部智力

1）鼓励和推动企业与科研院所、高等学校和重点主机用户实行产学研用的有效结合，由传统的产学研联合模式向产学研用战略联盟发展，合理配置资源，有效整合优势，增强研发和创新能力。根据需要和可能，组建若干个技术创新战略联盟。

2）鼓励和支持有条件的企业到国外兴建研发机构或收购国外研发机构为我所用。

3）鼓励和支持企业根据自身需要和可能，充分运用国家引进国外智力的政策，引进国外有真才实学的、专业对路的专家（包括退休专家）到本企业长期或短期工作。

4. 组织行业共性技术攻关和关键技术研发

由中国轴承工业协会牵头，中国轴承工业协会技术委员会实施，组织行业共性技术和关键技术联合攻关、研发和应用。

（1）共性技术联合攻关项目　包括轴承寿命和可靠性，滚子轴承减振降噪及轴承抗疲劳制造。

（2）共性技术研究项目　包括基于知识工程的轴承设计技术、抗疲劳制造技术、闭环数控技术与 SPC 技术集成、数字化智能热处理技术及轴承故障诊断与

失效分析技术。

（3）关键技术研发应用项目　包括：

1）新一代 CAE/CAD/CAPP 技术。

2）轴承仿真设计、虚拟设计和试验技术。

3）风力发电机组轴承及高速度、高精度轧机轴承设计、制造和检测试验技术。

4）高速铁路客车和新型城市轨道交通装备轴承设计、制造和检测试验技术。

5）中、高档轿车轴承寿命与可靠性设计、制造和试验技术。

6）石油机械轴承、土压平衡盾构机轴承设计、制造和试验技术。

7）静音与超静音、高速纺轴承设计制造和组配技术。

8）磨加工自动线闭环检测和实时控制技术。

9）G3 级钢球、I 级精密滚子制造技术。

10）轴承工作表面修型、改性及失效分析技术。

11）重型、精密、高速数控装备轴承设计、制造技术。

12）过程和结果精确可控的热处理工艺和检测技术。

9.2　加快结构调整

1. 做强做大优势企业

1）全力推动行业排头兵企业结成战略联盟，打造中国轴承工业的“航空母舰”。

2）支持优势企业跨地区、跨行业、跨所有制联合、兼并、重组，盘活存量资产，整合优质资源，做强做大。

3）鼓励企业进行有利于技术互补、产品互补、市场互补及地域互补的兼并重组等各种形式的合作，优化资源配置，增强资本实力。

4）鼓励成品生产企业与零配件生产企业组成产业战略联盟，缩短产业链，降低运营成本，增强一体化经营能力。

5）引导优势企业发展现代制造服务业，实现由生产型向生产服务型转变。产业链由生产制造向前后两端延伸，由提供产品向提供整体解决方案发展，由“大而全”的产品制造向系统集成发展。

通过以上措施，形成以一批大集团、“小巨人”企业主导轴承市场的产业格局。

2. 培育产业集群

支持地方政府和地方行业协会培育瓦房店、洛阳、长三角、浙东和聊城等地区的轴承产业集群，推动轴承产业集群的优化升级。

1）轴承产业集聚地区要加强开发区、工业园区和科技创新园区等产业集聚载体的建设，以优惠的政策和软硬件条件吸引优势企业进入，促进轴承产业发展。

2）各轴承产业集聚地区要发展不与其他产业集聚地区雷同的、避开同质化恶性竞争的特色产品，在细分市场中提高竞争力。

3）发挥政策引导和市场调控的基础性作用，通过兼并重组，使资源向相对优势的企业集中，促进相对优势的企业做强做大。

4）发展区域内的零件专业化和工艺专业化生产，并以优势成品制造企业为核心，整合产业链。

5）发展产业集聚区内的现代制造服务业，建设为区域内中小企业服务的包括市场信息、研发设计、计量检测、技术培训、产品展示、节能环保、融资服务、物流配送和电子商务的公共服务平台，为集聚区内的中小企业提供全方位的现代制造服务。

通过以上措施，培育 5 个年销售额超过 200 亿元，在国内外市场上有一定影响力的轴承产业集群。

3. 支持中小企业发展

1）优化中小企业的发展环境，引导中小企业用好用足国家促进中小企业发展的各项政策。

2）引导和支持中小企业加快结构调整和产业升级，向“专、精、特、新”方向发展。

3）引导和支持中小企业向产业集聚方向发展，并努力进入大型企业的产业链。

4. 发展零件专业化和工艺专业化生产

1）支持江苏通用、山东东阿、河南星彩等钢球生产基地，洛阳、哈尔滨滚子生产基地，聊城、瓦房店保持架生产基地做强、做大、做优、做久。

2）扶持瓦房店、新昌和洛阳等轴承产业集聚地区的锻造、热处理和车辗加工工艺专业化生产基地的建设。

9.3 推动产业升级

金融危机使技术创新能力不强、产品缺乏市场竞争力的轴承企业受到的冲击最早、最重。痛定思痛，激发了我国众多轴承企业加速结构调整、实现产业升级的内生动力和活力。金融危机形成的倒逼机制迫使我国轴承企业下决心改变外延扩张、粗放经营、低价竞争的发展模式，重视技术创新、技术改造，努力提高适

应市场变化的能力和竞争力。

9.3.1 加强技术改造，提升产业水平

1. 实施重点技术改造项目

（1）重大装备配套轴承研发和产业化

1）国发 [2006]8 号文《国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见》提出的 16 个关键领域的重大装备的配套轴承的产业化。

2）国发 [2009]11 号文《装备制造业调整和振兴规划》提出的十大领域重点工程和九大产业重点项目的重大装备的配套轴承的产业化。

3）列入国家发展和改革委员会、工业和信息化部颁发的并每年修订的《装备制造业技术进步和技术改造投资方向》《工业转型升级重点技术改造投资指南》的轴承项目。

4）列入工业和信息化部《机械基础零部件产业振兴方案》的轴承项目。

（2）轴承行业共性技术研发和科技公共服务平台建设

1）轴研所牵头、联合组建的行业共性技术研发中心建设。

2）依托瓦轴、洛轴组建的国家大型轴承工程技术研究中心建设。

3）面向全行业的风力发电机组轴承、高速动车组轴承、轨道交通装备轴承和航空轴承等重大装备配套轴承的检验、检测和试验中心建设。

4）轴承产业集聚地区现代制造服务业平台建设。

（3）技术创新载体建设

1）国家和省市认定的企业技术中心建设。

2）国家认可的实验室建设。

3）博士后科研工作站建设。

（4）产业组织结构调整

1）行业排头兵企业强强联合后内部资源整合。

2）优势企业跨地区、跨行业、跨所有制兼并重组后内部资源整合。

3）零件专业化和工艺专业化生产建设项目。

（5）两化融合

1）轴承企业信息化建设项目。

2）新一代数字化轴承工艺装备研发和产业化项目。

（6）节能减排

1）余热利用退火、多功能可控气氛热处理等节能热处理推广应用项目。

2）轴承套圈冷辗扩和钢管冷冲切等少无切削工艺及装备推广应用项目。

3）废油再生、固体废料再利用技术推广应用项目。

4）轴承和轴承生产设备再制造项目。

5）工业污水处理项目。

2. 通过技术改造推动产业升级取得明显成效

1）促进一批优势企业做强做大，提高轴承产业的集中度。

2）保证关键领域配套轴承自主研发和产业化目标的实现。

3）加快轴承企业发展方式的转变，大幅提高材料利用率，大幅降低单位工业增加值能耗。

4）提高轴承行业工艺和工艺装备水平，使轴承制造技术迈上一个新台阶。

①锻造采用控温电加热或控温天然气加热，淘汰煤加热。采用成形辗扩、整径等适用先进技术，精化毛坯，达到材料利用率提高 10%的目标。

②退火推广应用余热利用节能型保护气氛退火生产线。

③车加工实现数控化。中型、大型轴承普遍采用经济型轴承专用数控车床。特大型轴承采用经过数控化改造的立式车床。

④可控气氛热处理比例提高到 90% 以上。根据产品的需要，在一定范围内推广应用下贝氏体淬火工艺及装备。

⑤中型轴承套圈磨超加工采用数控磨超机床自动生产线。大型轴承套圈磨削加工采用单机自动的数控磨床，终加工实现超精化。

⑥圆锥、圆柱滚子轴承套圈滚道磨削、超精由直线型向双曲线 / 对数曲线凸度方向发展。

⑦滚子磨超加工采用自动生产线。

⑧实体保持架采用数控镗铣床和加工中心加工。

9.3.2 促进相关行业提高为轴承行业配套的能力和水平

1. 推动特钢行业提高轴承钢技术质量水平

1）与特钢行业配合，推动轴承钢标准向国际标准和国外先进标准靠拢，使轴承钢整体技术质量水平接近发达国家水平，并形成普通、优质和高级优质三个不同质量等级的标准组成的高碳铬轴承钢系列标准，以适应制造不同档次轴承产品的需求。

2）推动特钢企业加强技术改造和质量控制，同时形成轴承钢质量第二方（用户）监督评价体系和机制，使轴承钢长期反复出现的严重缺陷基本消除。

3）争取特钢行业的支持，在对影响轴承寿命和可靠性至关重要的关键技术的研究，和汽车、铁路、冶金、风电、航空航天及其他重大装备配套轴承使用的新钢种的研发上取得重大突破。

2. 推动油脂行业提高轴承用润滑油脂的技术质量水平

随着我国轴承工业快速稳健的发展，以及我国轴承产品质量和水平不断提升，作为轴承的第五大件——轴承润滑剂（轴承润滑脂、轴承润滑油）对轴承的寿命、精度、噪声、振动及可靠性等性能的影响也日益凸显，润滑是滚动轴承的生命。针对不同的轴承结构和应用工况，研发和选用不同的轴承润滑剂，对改善轴承产品性能，提高轴承应用水平非常重要。因此，轴承工业在“十二五”期间，将采取以下措施推动轴承润滑剂的发展。

1）与中国石化润滑脂专业委员会加强合作与交流，推动润滑油、脂专业生产企业不断提高轴承润滑油、脂的质量水平，尤其是润滑油、脂的纯净度，应达到用于特殊环境的润滑油、脂的要求等。

2）加强与全国石油产品和润滑剂标准化技术委员会、石油燃料和润滑剂技术委员会（SAC/TC280/SC1）的联系与交流，推动轴承润滑脂技术标准向国际标准靠拢，普及、推广轴承润滑脂的实验检验技术。

3）推动相关科研院所进行特殊与关键部位用轴承的润滑技术的研究。进行高速铁路客车轴承、高档数控机床轴承、风力发电机组轴承和大型重载工程机械轴承等高速、精密、重载、长寿命轴承润滑脂的开发和应用。

4）推动润滑脂行业延伸服务领域，增加服务内容，如提供润滑剂检测分析服务、全面润滑管理服务、润滑技术培训服务及润滑监测服务，通过服务提升轴承润滑剂应用水平。

5）合作研究润滑与轴承寿命的关系，普及、推广应用弹性流体动压润滑技术及方法，实现资源节约，节能降耗的目标。

9.3.3 发展现代制造服务业，推进生产型制造向服务型制造转变

加快发展现代制造服务业，由加工生产环节向两头延伸，不仅向用户提供产品，而且向用户提供知识密集的增值服务，逐步实现生产型制造向服务型制造转变。行业排头兵企业现代制造服务业收入占主营业务收入的比重达到 25%。

1）延伸扩展轴承产品社会化的设计、技术研发服务。

2）轴承应用的整体和系统解决方案，成套供应。

3）节约用户资源的轴承持续供应。

4）在用轴承的技术升级和持续质量改进。

5）轴承使用过程中的智能监测、故障诊断与维护。

6）报废轴承的回收再制造。

7）现代物流服务。

8）安装、维护的现场服务。

9.3.4 节能减排，实现绿色制造

1. 提高轴承钢材料利用率

推广应用高速镦锻、精密冷辗扩及钢管冷冲切等先进成形工艺，推广应用整径、套锻、成形辗扩等适用先进的成形技术，并对先进成形技术和适用先进成形技术优化组合，发挥最大效益，达到大幅度提高轴承钢材料利用率的目标。

2. 降低能源消耗

以耗能最多的锻造、退火、淬回火和渗碳等工序为重点，采取优化工艺，利用余热、智能控制和减少设备热损失等技术措施，大幅度降低能耗。推广应用一火锻造技术，降低锻造能耗。

3. 减少污染物排放

源头治理和末端治理相结合，以源头治理为主，减少工业废水中的 COD 和石油类物质的排放。生产过程中使用的冷却液、润滑液、超精液及清洗液集中处理，循环使用。使用过的煤油、柴油、汽油等石油制品回收处理、梯级使用。研发和应用清洗液、超精液以水代油新技术。锻造工序淘汰煤加热、重油加热，减少对大气的污染。

4. 发展轴承产品和轴承工艺装备再制造

运用铁路货车轴承大修理的管理和技术成果，发展冶金轴承、汽车轴承、石油机械轴承等再制造。鼓励轴承制造企业和轴承工艺装备制造企业相结合，用信息技术改造传统设备。

9.4 促进“两化融合”

以设计研发信息化、生产装备数字化、生产过程智能化和经营管理网络化为目标，从行业和企业两个层面推进“两化融合”。

9.4.1 行业层面的推进工作

从行业层面，中国轴承工业协会要义不容辞地承担起推进全国轴承行业的企

业“两化融合”的工作，主要从调查评估、示范推动和监测服务三个方面进行。

1. 调查评估

通过问卷和现场调查，了解轴承行业的不同类型的企业“两化融合”的发展现状、发展趋势以及存在的问题。在调查研究的基础上，编制《全国轴承行业企业“信息化与工业化”融合发展水平评估指标体系》及评估方法，对企业“两化融合”情况进行评估。通过评估工作，为各级政府科学制定“两化融合”发展战略提供决策依据，同时为轴承企业正确制定“两化融合”发展规划起到指导作用。

2. 示范推动

实施“全国轴承行业‘两化融合’示范工程”，选择 2 或 3 家有代表性的企业作为示范企业，率先开展“两化融合”工作，并发展、总结、提升和推广其典型经验，推动全行业“两化融合”工作，同时正确引导 IT 厂商关注轴承企业的热点难点问题，为企业提供解决方案。

3. 监测服务

要全过程对全行业各种类型企业的信息化运行情况进行监测。依托“中国轴承行业网”，建设轴承行业“两化融合”服务平台，定期发布行业信息化发展情况报告和信息化工作指导意见，为企业和政府服务。

9.4.2 企业层面的推进工作

从企业层面，要从效益驱动、总体规划、分步实施和重点突破四个方面推进“两化融合”的工作。

1. 效益驱动

“两化融合”的内在驱动力、出发点和归宿是效益。这里所说的效益是指：包括以客户满意度、产品一次合格率、市场响应速度、订单按期交付率和货物配送及时率提高和常规产品生产周期缩短为标志的企业市场竞争力；包括以利润增长、生产成本降低和全员劳动生产率提高为标志的经济效益；包括以安全生产、节能减排和总资产社会贡献率提高为标志的社会效益。

2. 总体规划

要编制涵盖企业的产品研发设计、生产过程控制、企业管理、市场营销、人力资源开发、新型业态培育和企业技术改造七个关键环节的全面推进企业信息化的发展规划，以全面覆盖、整体推进、渗透融合和综合集成作为规划的目标。要建立信息化项目、运行维护、信息安全和信息化标准等制度。要制定编码标准，做到产品编码标准、物料编码标准和部门编码标准的统一。要建立精干的信息化

职能部门，配备与企业规模相适应的信息化专职人员。要建立门户网站、内部局域网和数据中心。总体规划是防止单项业务应用信息技术形成的“信息孤岛”，实现企业信息系统协同集成的基础。

3. 分步实施

首先按急用先上的原则，进行产品设计与研发（应用CAD、CAPP、CAM和CAE等）、生产过程控制和管理（MES）、财务管理系统、供应链管理系统（SCM）、客户关系管理系统（CRM）、电子商务、能源管理、办公自动化系统（OA）和其他管理等单项业务信息技术应用。在单项业务信息技术应用上，一定要注意遵循总体规划的标准和制度，留有和相关系统的接口，以便于随后的协同集成，防止形成“信息孤岛”。

进而要发展到对单项业务信息化技术进行协同集成，应用企业资源计划（ERP）、企业产品生命周期管理（PLM）和产品数据管理（PDM）等，实现研发与生产衔接、管控衔接、产供销衔接及财务和业务衔接等，企业各环节间信息化集成达到数据共享、功能互通、业务协同的目标。

分步实施的最高层次是在决策支持、市场开拓支持和综合节能环保方面的深度应用：深度开发企业内、外部信息资源，提高综合分析能力和水平，提升企业正确决策的能力；整合企业内外部信息资源，使企业内部各关键环节高度协同，并与企业产业链上下游密切协同，从而提高企业对市场快速反应的能力；把节能减排绩效指标细化分解到各个相关的信息系统，强化各环节的管控，提升企业节能减排能力。

4. 重点突破

在企业信息化的一些“瓶颈”环节上实现突破。

结合管理创新、流程再造，实施企业资源计划（ERP）、信息资源规划（IRP），并实现CAE-CAD-CAPP-CAM-PDM系统与企业ERP系统集成。

对引进的分析软件进行消化吸收、二次开发，在有限元建模和分析、运动和特性仿真、载荷谱的建立、优化设计等方面取得实质性的进展。

推广集散控制、现场总线控制、敏捷制造等技术，强化生产过程的在线监测、预警和控制，实现生产过程数字化、智能化、信息化。

推广应用统计过程控制（SPC）方法和相应的计算机辅助测量仪，SPC的推广面达到80%以上。

实现中小轴承企业的CAD、CAPP的商品化采购和应用，推动众多中小企业的

信息化建设。

推进轴承制造装备数字化。用数控技术改造和提升传统装备。推动轴承制造装备生产企业应用新一代数字化技术制造轴承装备，在轴承工艺装备中融入信息技术，使传统设备发展为机电一体化产品，进而发展为数字化、高速化、智能化及网络化设备。

9.5 加强品牌建设

1. 实施自主品牌建设战略

把自主品牌的建设提升到企业发展战略的高度去决策、规划、运筹及实施。各种类型、不同规模的企业，包括代工企业，都要在不同层次上进行企业自主品牌的建设。要加快从做产品，到做销售、做营销，最后到做品牌的发展。要实现从质量战略到品牌战略的转变。要通过企业内部整合和全员培训，使品牌建设的内容渗透到企业经营管理、产品研发、生产、销售和营销的各个环节，品牌建设的理念为全体员工认同并身体力行。大型企业要有具备品牌建设规划、执行、监控和研究职能，能与企业各部门沟通配合的专业的品牌管理机构，中小企业要有专人专职或兼职从事企业的品牌运作。

2. 构建品牌资产

（1）品牌核心价值　规划、归纳、浓缩出企业品牌的核心价值，以精辟简练的语言表达。始终不渝地坚持核心价值，形成对用户的强烈感染力。

（2）品牌识别功能　通过反映企业理念、技术能力、产品特色的企业视觉识别系统（VI）、企业形象识别系统（CI）设计，商标、外观和包装设计，辅之以产品目录、使用说明、合格证等，构建鲜明、丰满的品牌识别功能。

（3）品牌忠诚度　以由企业的规模和生产能力，技术创新体系、能力、队伍、投入和成果，员工的素质和凝聚力，厂容厂貌的气质构成的企业整体形象，以优质的产品、良好的服务、合理的性价比、供需关系的和谐亲和，为用户提供无忧的产品，赢得用户的忠诚。

3. 夯实品牌建设的质量基础

产品的技术含量和质量指标的先进性是品牌的核心竞争力。产品实物质量是品牌建设最重要的基础和必要条件。要坚持技术创新和质量改进，对品牌建设形成永恒的支持力。

以市场为导向，以质量基础建设为根本，以提高产品实物质量为目标，在全

国轴承行业开展“质量兴业”活动。

要强化包括生产准备、加工制造、交付与使用全过程的质量控制。通过对全员的培训、全岗位的规范及全员活动的监管、约束、考核，实现全员的质量控制。从而保证优秀的产品实物质量。

引导和帮助企业按高标准、高要求健全质量管理体系和计量检测体系，形成质量保证的长效机制。国家认可的企业实验室由 9 家增加到 20 家。

加强国家轴承质量监督检验中心、杭州轴承试验研究中心、上海轴承技术研究所等第三方检测和公共质量技术服务平台的建设。

完善产品质量评价发布制度。继续开展精品轴承达标认证活动，实施轴承精品工程。充分发挥国家质量监督抽查、行业质量督促检查以及轴承用户的委托检验试验、质量鉴定及质量分析（失效分析、废品分析）等质量评价工作的作用，定期发布评价结果，促进行业质量水平的提高，为品牌建设夯实质量基础。

4. 着力品牌传播

通过各项品牌识别元素、直销活动、展会、网页、专业杂志、企业资料、大型推介活动及新闻发布等形式进行品牌的传播，使用户认知企业，认知品牌，认知产品。积极慎重地申报国家和各级政府认可的、不以盈利为目的的“中国驰名商标”、省级“著名商标”、高新技术企业认定、科技奖励等评价和奖励项目，提高企业和企业品牌的知名度和公信力。

5. 净化品牌建设环境

完善行业自律规约，建设行业诚信体系，净化市场环境。中国轴承工业协会打假委员会以“维护企业品牌，打击假冒伪劣”为宗旨，积极主动、坚持不懈地开展打假维权活动，并不断探索打假维权的新规律、新办法，把打假维权与品牌战略有机地结合起来，保障品牌建设工作健康开展。

9.6 完善标准体系

按照创新机制、健全体系、面向国际、服务产业的方针，加快实施轴承工业标准化工作提升战略，全面提高标准化水平，充分发挥标准化在轴承工业由大变强过程中的技术基础作用。

1. 完善标准化工作体制机制

完善以市场为导向，企业为主体，以滚动轴承标准化技术委员会为组织形式的，由滚动轴承国家标准、行业标准和高于国家标准、行业标准的企业标准构成

的，具有系统性、协调性、适用性、前瞻性和面向国际的轴承工业标准化体系。健全与科技创新、产业发展、市场运行衔接，以及利益相关方协商合作的工作机制，使标准化成为技术积累、技术成果扩散和提高技术创新效率的平台。

2. 发挥标准的导向和保障作用

加大航空航天轴承、清洁能源轴承、轨道交通轴承、数控机床轴承及汽车轴承等战略性新兴产业和高端装备制造配套轴承的标准基础研究和制修订工作的力度。适应市场需求变化和标准实施情况，提高标准制修订和复审的速度。标准更新速度应明显加快，平均标龄控制在 5 年以内，标准制修订周期控制在 2 年以内，淘汰废止一批落后标准。

3. 提高实质性参与国际标准化工作的能力

健全国际标准跟踪、研究和参与机制。积极参与事关我国轴承产品竞争力的国际标准化活动。千方百计在国际标准化活动中争取主动权、话语权，及时将我国轴承行业的意见反馈给国际标准化组织，争取参与 3 ～ 5 项国际标准的起草工作。积极采用国际标准和国外先进标准，与轴承有关的国际标准采标率超过 90%。积极准备筹办 2013 年预定在我国召开的第 26 届 ISO/TC4 会议，使我国轴承工业标准化工作在国际标准化工作上迈上新的更高的台阶。

4. 提升标准化服务水平

建立高效、便捷、准确及权威的标准化信息平台，形成互动的沟通渠道，提高服务效率和质量。建立标准网络发行服务系统，使标准用户方便、快速得到需要的标准。为企业提供一站式的标准化技术咨询服务，指导企业开展标准化工作，帮助企业解决在制定标准、实施标准和查询标准中遇到的实际问题，将标准化技术服务工作真正落到实处。加强标准宣贯工作，让标准用户了解标准，理解标准，进而正确使用标准。

5. 加强标准化宣传工作

通过大力度的宣传工作，增进标准各利益主体对标准化事业的了解，提高全社会的标准意识，动员全行业的力量支持标准化工作，营造“讲标准、定标准、用标准”的良好社会氛围。

6. 加大标准化培训力度

针对近几年标准制、修订项目多，新参与标准化工作人员多的特点，加强对标准起草人员的培训，提高标准编制质量；加强对企业标准化人员培训，提高企业参与标准化活动的能力。

7. 开展标准化研究

研究标准化工作如何适应市场经济规则，探索“来源于市场，服务于市场”的模式。推动标准的发展由“跟踪模仿”方式向“内涵自主创新特质”方式的转变。开展“标准化与经济增长”的研究，对标准化促进经济增长的作用机理、标准化水平定量评价方法等进行探索性研究。推动标准化与信息化的结合，更好地服务于轴承企业和轴承产业。

9.7 优化企业管理

1. 实现管理思想的根本转变

1）由追求利润最大化向整体价值最大化和可持续发展转变。

2）由将员工视为劳动力向人力资源、人力资本转变。

3）由重视日常管理向以全球化视野进行战略管理转变。

4）由企业组织金字塔形向扁平化转变。

5）由关注自身利益向注重履行社会责任转变。

6）由传统要素的竞争向企业市场运营能力竞争转变。

7）由产品驱动向用户驱动转变。

8）由运用单项信息技术推动管理进步，向以协同集成的信息技术优化企业管理转变。

2. 强化战略管理

通过组织对国家产业政策、宏观经济形势、行业发展趋势和产品市场走势的分析、研讨，制定企业的中长期发展战略。

建立企业的战略管理体系，大型企业要设立专职的战略管理部门，中小型企业要有专人负责，进行企业的战略管理，使企业战略落到实处并具备动态的适应能力。

以企业战略为指导，搞好企业中长期发展规划和年度工作计划的编制和实施工作，使战略和规划互为支撑。

建立防范战略风险的机制，及时对经营风险、财务风险、市场风险、政策法规风险和道德风险进行评估、监控，采取有效措施防范。

注重发展方式的转变。着力自主创新，加强技术改造，实施“两化融合”，推进品牌建设，在自我改造、自我提升的基础上，改变以低价格为竞争优势，以能源和资源消耗为代价，以规模和数量取胜的粗放的发展方式，实现产业结构调

整和升级。

以核心竞争力为基础，不断优化竞争策略。正确处理主导产业专业化经营和多元化发展的关系；提高系统运营和快速响应水平；依靠组群式竞争和战略联盟，提高企业竞合能力；适应市场特点，不同竞争对手采取差异化竞争方式。

3. 加强现代企业制度建设

完善以公司制为主要形式的现代企业制度。规范法人治理结构，做到出资人、董事会、监事会及经理层各司其职、协调运转、科学决策、有效制衡。提高企业的执行力，明确界定各部门和各岗位的目标、职责和权限，建立相应的授权、检查和逐级问责制度，确保其在授权范围内履行职能。设立涵盖企业所有运营环节的控制架构，并制订各层级之间的控制程序，保证董事会及高管层下达的指令能够严格执行。

4. 夯实企业管理基础

企业要努力夯实管理基础，优化业务流程，合理配置生产要素，提高运营质量。通过整合物流、信息流、资金流和工艺流，实现由粗放式生产方式向精益、敏捷及集约的生产方式转变。企业要加强企业管理制度建设，推动管理制度的持续改善。促进计量、质量、成本、安全、节能及环保等基础管理工作的标准化。加快管理结构和组织模式由多层次的金字塔结构向网络式的扁平结构转变。从更高的起点，广泛深入地开展以“5S”（“6S”）为基础的现场持续改善活动。导入“6σ ”质量管理理念和方法，追求质量的先进性、稳定性和可靠性。

5. 塑造特色企业文化

注重以和谐为丰富内涵的优秀企业文化的挖掘、提炼和培育，建设适应企业发展战略和经营理念的清晰、完整的企业文化体系。

整合和提升企业文化的落实体系，做到企业文化建设有途径、有步骤、有流程、有评价、有考核、有收获。

在企业文化建设中要充分体现依靠员工办企业，塑造凝聚人心、催人奋进的企业文化。通过不断的宣传、教育和培养，使企业文化的核心价值观得到广大员工的认同和遵循，形成企业的凝聚力和持续发展的内在动力。

通过一定的物质实体和手段，使企业文化具体地再现在制度文化、行为文化、物质文化和视觉识别系统的各个方面，树立良好的企业社会形象。

6. 健全市场诚信体系

推动企业信用体系建设，鼓励企业通过企业信用等级认证。建立轴承行业信用信息征询体系，使企业能公平、公正地披露信息和获取、使用信息。在轴承行

业中开展企业自律活动，自觉接受用户和社会监督，反对恶性竞争，净化市场环境。

9.8 实施人才工程

大力实施科教兴国战略和人才强国战略，牢固树立人才是第一资源，加强人才队伍建设是提升行业和企业竞争力的决定因素的观念，把人力资源能力建设和人才培养工程纳入行业发展战略。形成尊重劳动、尊重知识、尊重人才及尊重创造的人才氛围。完善吸纳人才、留住人才、激励人才和培养人才的新型用人机制。建立有利于人才队伍建设的科学合理的绩效考评体系和薪酬分配制度。加强经营管理人才、专业技术人才和技能人才三支队伍建设，尤其是开拓型经营管理人才、创新型专业技术人才和高素质技能人才的培养，为轴承行业的快速发展提供强大的人才支持和智力保障。

1. 经营管理人才队伍建设

在高层管理人员中继续开展工商管理培训、EMBA 培训。企业高层管理人员培训时间不少于三个月。通过选送企业高层管理人员在行政管理学院培训或就读高校在职研究生等形式，培养一批高层次、复合型管理人员，逐步推行职业经理人资格证书制度，要有 60% 的高层管理人员通过培训获得职业经理人资格证书。通过培训，培养一批精通国际贸易规则，熟悉国际、国内市场，懂得制造技术，具有战略开拓能力，能正确处理政府和企业间的关系，协调处理国际贸易争端能力的开拓型经营管理人才。

要加强一般管理人员专业管理知识和技能培训，努力提高其管理水平。

注意广开门路吸纳、培养人才，及时把那些在实践中考验了品德，显示了才能，创造了业绩的专业技术人员提拔到领导岗位上来。

2. 专业技术人才队伍建设

培养和建立一支专业结构、层次结构、年龄结构和职称结构合理的专业技术人才群体。要培养若干名进入行业科技前沿的学术和学科带头人，专业技术人员中本科学历所占的比例提高 5%～10%，专业技术人员占职工总数的比例提高 3%～5%。

以改善知识结构、增强创新能力和提高综合素质为目标，加强专业技术人员继续教育工作。按照国家人力资源和社会保障部要求，积极实施以新知识、新材料、新工艺和新设备为主要内容的专业技术人才知识更新工程（“653”工程），并以此为契机，建立和完善专业技术人员继续教育的长效机制。专业技术人员每年脱产培训时间应不少于 12 天。在培训方式上可采取企业培训，送高校进修，

科研攻关和出国考察等多种形式。

利用河南科技大学和洛阳轴研科技股份有限公司的人才培养优势，培养轴承专业本科生 1 000 人、硕士研究生 200 人及一定数量的博士生。企业除从大专院校毕业生中吸纳人才外，还应注意选拔优秀技术工人，由企业自行培训和送高校定向培训后，充实到专业技术人员队伍中。

企业要努力遴选和培养技术理论深厚，专业知识扎实，实践经验丰富，具有技术创新能力、解决实际问题能力、组织协调能力的高层次技术和管理复合型的领军人才，建设一支与企业规模相适应的门类齐全、数量充足及优势互补的专业技术队伍。大型企业要培育一个具有相当理论基础和创新精神的研发团队。

全行业要重点抓好高层次骨干人才的培养，特别要注意发现和培养一批站在世界科技前沿、勇于创新和创业的学术技术带头人，具有宏观战略思维、能够组织重大科技攻关项目的科技管理专家，精通国际经济贸易运行规律和法律、能够参与国际竞争的高级专业人才。

3. 技能人才队伍建设

重视技能人才尤其是高素质技能人才培养，加大高技能人才培养力度，建立一支数量充足、门类齐全、掌握现代机电技术的技术工人队伍。

大力实施国家高技能人才培训工程和技能振兴行动，完善高技能人才培养体系，开辟高技能人才培养的多种途径，通过校企合作和鼓励职工参加企业岗位技能培训和个人自学等方式加快高技能人才培养。要以能力和业绩为导向，建立和完善高技能人才考评体系、竞赛选拔和技术交流机制，建立高技能人才使用和激励机制，激发高技能人才的创新创造活力。在高技能人才培养上尤其要培养更多的数控设备操作人员和维修人员，以满足行业技术改造的需要。企业还要通过岗位练兵、技术比武、名师带徒等多种形式加快技能人才培养。“十二五”期间高技能人才占技术工人的比例提高 5% ～ 7%。

大力发展中等职业教育，发挥企业技工学校的技能人才培养能力和河南省轴承技工教育集团在人才培养上的规模化、集约化、连锁化优势，加快加大技能人才培养数量，技校毕业生数量要比“十一五”期间增加 60%，争创 1 或 2 所国家重点技工学校，为行业输送更多的高素质技能人才，尤其是数控设备操作维修人才。

认真做好特有工种职业技能培训和鉴定工作，提高行业技术工人的持证上岗率。

举行行业磨工、检查工、车工及钢球工等工种职业技能大赛，促进行业技术工人操作水平的提高。

第 10 章

风险分析和政策建议

10.1 风险分析

1. 共性技术研发平台缺失

为战略性新兴产业配套的高端轴承的研发和产业化，需要关键共性技术强有力的支撑。但由于科研院所改制，轴承行业归口科研院所——原洛阳轴承研究所、机械工业第十设计研究院已企业化，为行业提供共性技术研发、服务的功能严重弱化。一些有志于为战略性新兴产业配套的优势轴承企业在关键技术的研发上“单打独斗”，形不成合力。行业协会组织的联合攻关，科技部倡导的技术创新战略联盟，如果没有政府的授权和很大力度的政策支撑，也不能真正发挥共性技术研发平台的作用。国家工程技术研究中心、国家工程研究中心及国家工程实验室等冠有“国家”名号的研发机构是依托大型企业，由企业出资建设的，国家资助的数额很少。虽然要求这些研发机构发挥为行业技术服务、技术辐射的作用，但是很难奏效。因此，需要探索和重建由政府授权、政策引导的行业共性技术研发平台，为战略性新兴产业的研发和产业化提供有力的技术支撑。

2. 尚未形成主机企业和配套零部件企业风险共担的机制

由于轴承等机械基础零部件费用在高端装备制造总造价中占比很小，对高端装备制造的国产化率影响也比较小，因而高端装备制造主机企业对配套机械基础零部件国产化缺乏压力和动力，不愿承担使用国产机械基础零部件存在的风险。如：在数控机床的总造价中，轴承费用只占 1% ～ 2%，尽管进口轴承价格高一些，高、中档数控机床还是全部采用进口轴承；时速 200km 以上的高速动车组轴承，全部采用进口轴承。铁道部高铁技术负责人明确表示，国内轴承厂家必须与国外大公司合资生产，才有可能采用国产轴承。而与国外大公司合资，必然是外资控股，中方企业还是掌握不了核心技术。国家应制定有力度的政策，促进主机企业采用国产零部件，形成主机企业和配套零部件企业在国产化上风险共担的机制。

3. 有可能产生盲目投资产能过剩的情况

我国企业很容易产生规模扩张的投资冲动，低档次产品容易产生产能过剩，高档次产品也会产生产能过剩。目前，因中、低端轴承生产企业重复建设导致产能过剩，一些优势企业都力图在高端轴承市场寻求新的经济增长点。如果没有严格的市场准入和有效的政策导向，很容易产生一哄而上，盲目投资，造成战略性

新兴产业某些领域的配套轴承生产能力过剩。这个问题，从一开始就要高度关注，及时发布相关市场信息，引导企业进行正确的投资决策。

10.2 政策建议

10.2.1 用好用足现有政策

1. 增值税转型政策

企业应充分运用这一政策，加大技术改造力度，加快装备更新，调整产品结构，推动企业技术进步。

2. 投资项目设备采购管理

行业协会和科研院所应积极参加中央预算内投资项目的设备采购方案的评估，以保证自主创新的轴承产品列入其采购方案，并得到落实。

3. 国产首台（套）装备自主创新奖励机制

企业研发的为重大技术装备配套的首批轴承产品，应积极申报自主创新奖励，争取政策支持。

4. 技术进步和技术改造投资

《装备制造业技术进步和技术改造投资方向》内编列的轴承产品项目和为目录内编列的重大技术装备配套的轴承产品，节能节材减排改造，企业兼并重组后内部资源整合，轴承产业集群和产业集聚地区的现代制造服务中心和热处理中心、锻造中心、车加工中心、冷辗加工中心，钢球、滚子和保持架专业制造基地等，应积极通过地方政府主管部门向国家主管部门（国家发展和改革委员会、工业和信息化部和能源局等）申报项目，争取资金补助、贴息等政策支持。

5. 出口退税

行业协会应积极努力，向国家主管部门申请进一步提高轴承出口退税率。

6. 企业兼并重组

企业跨地区、跨行业及跨所有制的重组，要争取在富余人员安置、债务核定与处置、财税利益分配等方面的政策支持。重组企业要争取在企业发行股票、企业债券、中长期票据、短期融资券以及申请贷款等方面的政策支持。企业并购境外制造企业和研发机构，要争取相关项目贷款贴息支持。

7. 产品检验检测和认证机构建设

要争取在高速铁路客车轴承、风力发电机组轴承、城市轨道交通轴承和航空轴承等的检验检测和认证机构建设方面获得政策支持。

10.2.2 建议出台新政策

1. 重建行业基础理论和共性技术研发平台

20 世纪 90 年代后期，科研院所改革，行业归口科研院所企业化，进行行业基础理论研究和共性技术研发的功能弱化甚至消失，致使全行业企业技术创新缺乏引领、依托和支撑。

建议“十二五”期间重建公益性的行业基础理论和共性技术研发平台。

（1）平台的功能　进行本行业产品开发前期新结构、新技术的基础研究、应用研究和工程开发研究，为行业众多企业的产品工程分析、产品优化设计、材料应用、数字化制造和检测检验试验技术及装备、标准化等方面提供有偿服务。

（2）平台组建方式　从已经企业化的原行业归口科研院所剥离出一部分人员和软硬件条件，重新组建具有独立法人资格的科研院所，依靠有偿服务收入和国家拨款支持运营；或由原行业归口科研院所牵头，吸收行业内大中型企业入股，组建民办公助的具有独立法人资格的科研院所，由国家和地方政府给予政策支持。

2. 组织轴承钢技术攻关，并将此列入国家科技支撑计划

由轴研所牵头，联合钢铁研究总院、北京科技大学、河南科技大学，兴澄特钢、宝钢特钢和东北特钢等特钢行业排头兵企业，瓦轴、洛轴、哈轴和天马等轴承行业排头兵企业，组成提高轴承钢水平和质量的技术创新战略联盟，进行攻关工作。

科技部将本项目列入“十二五”国家科技支撑计划给予大力度的政策支持。

发改委和工信部对特钢企业提高轴承钢质量、轴承钢新钢种的研发和产业化的技改项目给予大力度的政策支持。

研发成功的轴承钢新钢种认定为国家重点新产品和自主创新产品。

3. 设立“关键基础件技改专项”

支持为重大技术装备配套的基础件企业的重点技术改造项目，包括重大装备配套基础件产业化，共性技术研发平台和科技公共服务平台建设，企业“两化融合”，发展现代制造服务，企业兼并重组后资源整合和产业集聚区锻造、铸造、热处理和表面处理中心建设，有效解决各级政府主管部门在审批专项技改资金申请时重主机、轻配套，基础件行业企业排不上号的问题。

4. 设立“关键基础件共性技术研发基金”

设立“关键基础件共性技术研发基金”，对包括轴承行业在内的基础件行业的改制科研院所、大学和大型企业的技术中心、工程技术研究中心（工程研究中心）、博士后科研工作站进行的行业共性关键技术研发项目，以及轴承企业研发

大飞机轴承、风力发电机轴承、高速动车组轴承、数控机床轴承和冶金轧机轴承的技术攻关项目给予政策支持。其前提条件是研发成果要为全行业服务。

5．轴承产业集聚区优惠政策

轴承产业集聚地区的地方政府应出台土地、公用设施、资本金补助及产业引导资金等方面的优惠政策，吸引优势轴承企业和提供现代制造服务的中介机构进入本地区的开发区、工业园区及科技园区，并以有力度的政策，鼓励企业间的兼并重组。

6．实行有利于关键基础件发展的税收政策

1）进一步提高高技术含量、高附加值轴承的出口退税率。

2）在执行确有必要进口的关键部件及原材料免征关税和进口环节增值税政策时，要限定免税期，对轴承企业形成倒逼机制，鼓励轴承企业在免税期内加快研发，替代进口。吸收轴承行业专家参与对进口免税清单的审查，对于国内轴承企业可以达到技术要求的轴承产品，不予免税。

7．鼓励主机企业使用国产产品

在不违反 WTO 规则的前提下，出台优惠政策，鼓励主机企业使用技术质量水平与进口产品相同或相近的国产产品。

8．充分发挥行业协会的作用

在行业统计信息、产品准入、打假维权、价格自律及品牌推介等方面赋予行业协会一定的权限。充分发挥行业协会在规范市场管理，推动宏观政策措施落实，为企业提供技术、管理、信息、咨询服务及在协调、沟通、监督、评估等方面的作用，更好地发挥其政府与企业之间的桥梁和纽带作用。参照市场经济国家的通常做法，将政府现行管理职能中适宜社会中介组织承担的工作转移或移交给行业协会，并赋予相应的权限。一些重大项目委托行业协会组织实施。

附　件

附件 A　机械基础件　基础制造工艺和基础材料产业“十二五”发展规划

机械基础件、基础制造工艺及基础材料（以下简称“三基”）是装备制造业赖以生存和发展的基础，其水平直接决定着重大装备和主机产品的性能、质量和可靠性。机械基础件是组成机器不可分拆的基本单元，包括：轴承、齿轮、液压件、液力元件、气动元件、密封件、链与链轮、传动连接件、紧固件、弹簧、粉末冶金零件、模具等；基础制造工艺是指机械工业生产过程中量大面广、通用性强的铸造、锻压、热处理、焊接、表面工程和切削加工及特种加工工艺；基础材料特指机械制造业所需的小批量、特种优质专用材料。

为贯彻落实《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》关于“装备制造行业要提高基础工艺、基础材料、基础元器件研发和系统集成水平”的要求以及“十二五”国家工业转型升级的总体部署，大幅度提升“三基”产业整体水平，提高为装备制造业的配套能力，实现装备制造业转型升级，特制定《机械基础件 基础制造工艺和基础材料产业“十二五”发展规划》，规划期为 2011 ～ 2015 年。

一、发展现状与面临形势

（一）发展现状

1. 已形成的基础

经过多年的努力，我国“三基”产业取得了长足进展，形成了门类齐全、能满足主机行业一般需求的生产体系，为装备制造业发展提供了重要的支撑和保障。

产业规模不断扩大。近 10 年来，我国“三基”产业持续稳定增长，产品品种和水平有了较大提升，多种普通机械基础件产量（产值）居世界前列；铸造、锻造、焊接、热处理和切削加工能力以及焊接材料、高速钢、硬质合金、钕铁硼永磁体等基础材料产量居世界首位。

专栏 1　我国“三基”产业主要经济指标

（单位：亿元）

行业类别		2005 年工业总产值（当年价）	2010 年工业总产值（当年价）	2010 年新产品产值（当年价）	2010 年出口交货值（当年价）
机械基础件	轴承制造	556.14	1 721.45	113.68	228.73
	齿轮与传动驱动部件制造	290.22	1 154.26	117.15	93.27
	液压和气压动力机械及元件制造	350.43	1 643.24	105.63	128.01
	金属密封件制造	121.05	716.47	26.17	60.46
	紧固件、弹簧制造	429.46	1 244.18	66.35	192.05
	模具制造	438.65	1 630.76	127.80	266.20
基础制造工艺	钢铁铸件制造	1 073.30	4 833.69	161.29	251.92
	锻件及粉末冶金制品制造	443.96	2 383.89	102.79	103.11
	金属表面处理及热处理加工	485.55	1 652.41	63.16	63.30

数据来源：2005 年、2010 年工业统计快报。

专栏 2　2010 年我国部分“三基”产业部分产品世界排名

产品名称		生产规模（产量 / 产值）	世界排名
机械基础件	轴承	1 300 亿元	第 3 位
	齿轮	1 450 亿元	第 3 位
	液压元件及系统	351 亿元	第 2 位
	模具	1 631 亿元	第 2 位
	气动元件	116 亿元	第 2 位
	紧固件	560 亿元	第 1 位
	链条	148 亿元	第 3 位
典型基础制造工艺	铸件	3 960 万吨	第 1 位
	锻件	1 022 万吨	第 1 位

数据来源：相关行业协会提供。

配套能力不断增强。轴承、齿轮、紧固件等机械基础件在国内平均市场占有率达 65%。基础制造工艺取得明显进步，一批发电设备用大型铸锻件已具备走向国际市场的能力。围绕电工电器设备配套需要，开发出发电设备用钢、大型变压器用取向硅钢片等特种优质专用材料。

产业聚集效应明显。重庆、常州两大齿轮产业聚集区的产值占全国齿轮行业的 17%，瓦房店、洛阳、苏锡常镇、新昌四大轴承产业聚集区的销售收入占全国轴承行业的 30%，温州、宁波、海盐、冀南四大紧固件产业聚集区的产值占全国紧固件行业的 67%。基础制造工艺专业化水平不断提高，在主要装备制造业聚集区建设了一批高水平、专业化的基础制造工艺中心，如江苏泰州和大丰的精密锻件产量超过全国精密锻件产量的一半。

技术进步成效显著。“十一五”期间，“三基”产业固定资产投入持续稳定增长，装备水平明显提升，长期以来存在的寿命、可靠性和精度保持性等质量问题有所改进，一批研究成果获国家科技奖。

2. 存在的主要问题

近年来我国装备制造业水平大幅度提升，大型成套装备能基本满足国民经济建设的需要，但高端“三基”产品却跟不上主机发展的要求，高端主机的迅猛发展与配套“三基”产品供应不足的矛盾凸显，已成为制约我国重大装备和高端装备发展的瓶颈，主要表现为：

自主创新能力薄弱。“三基”产业研发投入明显不足，投入强度远低于主机行业，缺乏高水平的人才队伍。产业技术基础薄弱，共性技术研究体系缺失，基础性与共性技术研究弱化，新产品、新技术的推广应用困难，行业基础数据的传承、跟踪、积累和共享机制尚不健全。

产业结构不尽合理。“三基”中低端产品产能过剩、高端产品供给能力不足的矛盾十分突出，同质化竞争激烈，贸易摩擦不断。专业化程度低，具有国际竞争力的大型企业集团和具有知名品牌的“专、精、特”企业群体尚未形成。

产品总体水平偏低。“三基”产品的性能和质量与主机用户的需求之间还有一定差距，轴承、齿轮、液压件、密封件等机械基础件的内在质量不稳定，精度保持性和可靠性低，寿命仅为国外同类产品的 1/3 ～ 2/3，产品生产过程的精度一致性与国外同类产品水平相比差距明显。

生产工艺装备落后。优质、高效、节能、节材的先进基础制造工艺和自动化、数字化装备的普及程度不高，能源消耗、材料利用率及污染排放与国际先进水平相比差距较大。

（二）面临形势

2008年以来我国装备制造业规模持续位居世界首位，主机和重大装备的集成能力得到显著提升。“十二五”期间是实现由装备制造大国向装备制造强国转变的重要战略机遇期，发展“三基”产业、提升产品水平、增强配套能力十分关键。必须深刻地认识并准确地把握“三基”产业发展环境的新变化、新特点，抓住历史机遇，实现跨越发展。

1. 科学技术进步助推“三基”向高端发展

科学技术日新月异，装备制造业智能化、绿色化的发展趋势明显，重大装备和主机产品的应用条件日趋超常态与恶劣，对配套的机械基础零部件、制造工艺和材料均提出了更高的要求，推动机械基础件向长寿命、高可靠性、轻量化、减免维修方向发展。与此同时，信息技术、生物技术、新材料等高技术的快速发展及与传统产业的融合，将“三基”产业带入一个崭新的发展阶段，使其从常规产品、传统制造向高技术产品、现代制造及超常态制造发展。成形技术向净成形和近净成形方向发展；超精密加工的尺寸精度由亚微米级向纳米级发展；铝合金、铝镁合金、复合材料、新型工程材料的应用越来越广泛。

2. 国际经济格局变化给“三基”产业带来双向挤压

金融危机后，工业发达国家再工业化趋势明显，节能、减排、降耗、低碳要求更为严格，将促进更加激烈的新一轮产业竞争。我国“三基”发展不仅受到来自工业发达国家知识产权、技术标准、绿色壁垒等贸易保护措施的“高端卡位”，也面临着发展中国家更低成本竞争优势所形成的“低端挤压”。

3. 工业转型升级对“三基”产业提出了更高要求

“十二五”期间是我国工业转型升级的攻坚期。传统产业的改造和提高，战略性新兴产业的培育和发展，以及重大工程、民生工程、基础设施和国防建设对装备制造业的需求，不仅为“三基”产业提供了巨大的市场空间，而且对其增长质量、水平也提出了更高的要求。高质量的基础件、先进的基础制造工艺和基础材料是提高重大装备性能和可靠性、避免重大事故发生的保证；高质量的基础件和基础材料是国防工业现代化的重要保证，必须立足自主发展；“三基”产业为提高人民生活质量提供重要条件，与改善民生息息相关的食品加工、生物制药、家用电器制造过程的自动化和无污染，都需要高清洁度、高精度的基础件和耐腐蚀的基础材料作保证。

当前我国“三基”产业发展严重滞后于主机并被固化在产业链中低端的状况应该尽快扭转，提升“三基”产业整体水平和国际竞争力刻不容缓。

二、指导思想与发展目标

（一）指导思想

深入贯彻落实科学发展观，以产业结构调整和转变发展方式为主线，围绕重大装备和高端装备发展的配套需求，以产品突破为主攻方向，密切产需合作，加强基础技术研究，加速创新能力建设，着力推进产品质量、可靠性和寿命的升级，加大先进技术推广应用和产业化力度，营造有利于“三基”产业向高端发展的环境，提升“三基”产业整体水平和国际竞争力，为实现装备制造业由大变强奠定坚实基础。

（二）基本原则

1. 坚持市场导向，发挥政策引导作用

围绕高端装备制造业培育和发展、国家重点工程建设所需重大装备的配套需求，遵循市场经济规律，发挥市场配置资源的基础作用，突出企业在开发新产品、新工艺及新材料的主体地位。积极发挥各级政府部门在规划制定、政策引导、组织协调中的重要作用，努力营造有利于“三基”产业发展的环境。

2. 坚持产需合作，促进专业化生产

积极探索产需合作新模式，促进产业链上下游密切合作，建立基于利益相关和共赢的新机制，在“三基”企业与主机企业之间形成有效的供应链。鼓励有实力和有积极性的主机制造厂参与发展其所急需的基础零部件和基础材料，并逐步走向规模化、专业化和社会化。

3. 坚持自主创新，积极开展国际合作

充分发挥技术创新的支撑和引领作用，着力解决影响“三基”产品性能、质量和稳定性的关键共性技术，加强行业公共研发与服务平台建设，建立起以企业为主体、产学研用相结合的技术创新体系。积极开展国际交流与合作，加强引进技术消化吸收与再创新。

4. 坚持重点突破，推动产业整体提升

选择一批基础条件好、需求迫切、带动作用强的关键机械基础件、基础制造工艺和基础材料，集中优势资源，重点予以突破，打造一批具有国际先进水平的关键产品、工艺和知名品牌。在实现局部领域突破和跨越式发展的同时，提升“三基”产业的整体素质，带动产业的全面发展。

（三）发展目标

1. 2015 年目标

通过五年时间的努力，我国“三基”产业创新能力明显增强，加工制造水平

显著提高，能基本满足重大装备的发展需要，产业发展严重滞后的局面得到改观。

具体指标有：

——配套能力增强目标。重大装备所需机械基础件配套能力提高到 75% 以上；基础制造工艺水平全面提升，高端大型及精密铸锻件基本满足国内需求；重大装备所需的基础材料配套水平大幅提升。

——创新能力提升目标。机械基础件的可靠性、性能一致性和稳定性得到显著提升，产品使用寿命提高 15% ～ 20%，突破一批关键基础件、基础制造工艺和基础材料的核心技术和产业化技术，形成一批研发和试验检测公共服务平台。

——组织结构优化目标。建立起与主机发展相协调、技术起点高、专业化、大批量的配套体系；形成若干年销售收入超过 100 亿元的具有国际竞争力的大型企业集团，培育 100 家具有知名品牌的“专、精、特”企业，优化 30 个特色产业集聚区。

——节能降耗减排目标。全面推广应用绿色制造工艺与装备，原材料利用率提高 10%，吨合格铸件能耗减少 0.12t 标煤，吨合格锻件能耗减少 0.08t 标煤，吨热处理件能耗减少 150kW · h，污染物排放量明显减少。

专栏 3　“十二五”我国“三基”重点行业发展指标

指标		2010 年	2015 年	年均增长率
机械基础件				
轴承	销售额 / 亿元	1 260	2 220	12%
齿轮	销售额 / 亿元	1 450	2 940	15%
液压件	销售额 / 亿元	351	700	15%
橡塑密封	销售额 / 亿元	86	170	15%
机填密封	销售额 / 亿元	65	130	15%
气动元件	销售额 / 亿元	116	235	15%
模具	销售额 / 亿元	1 120	1 740	9%
紧固件	销售额 / 亿元	560	980	12%
弹簧	销售额 / 亿元	145	290	15%
链条	销售额 / 亿元	148	270	13%
粉末冶金制品	销售额 / 亿元	83	130	9%
基础制造工艺				
铸造	能耗	每吨合格铸件能耗减少 0.12t 标煤		
锻造	能耗	每吨合格锻件能耗减少 0.08t 标煤		
热处理	能耗	每吨热处理件能耗减少 150kW • h		

2. 2020 年展望

2020 年，形成与主机协同发展的产业格局，能够满足重大装备和高端装备对机械基础件、基础制造工艺和基础材料的需求，创新能力和国际竞争力处于国际先进水平，部分领域国际领先。

三、发展重点

围绕重大装备和高端装备配套需求，重点发展 11 类机械基础件、6 类基础制造工艺和 2 类基础材料。集中优势资源，重点开发 20 种标志性机械基础件、15 项标志性基础制造工艺和 12 种标志性基础材料并实现产业化。

（一）机械基础件

选择带动性强、辐射作用大的高速、精密、重载轴承等 11 类机械基础件作为发展重点，以提高性能、可靠性和寿命为主攻方向，力争使其达到或接近国际先进水平。

1. 高速、精密、重载轴承

中、高档数控机床轴承和电主轴，大功率风力发电机组轴承，大型运输机轴承，重载直升机轴承，长寿命高可靠性汽车轴承及轴承单元，高速铁路列车轴承，重载铁路货车轴承，新型城市轨道交通轴承，大型薄板冷热连轧设备轴承，大型施工机械轴承，高速度长寿命纺织设备轴承，超精密级医疗器械主轴轴承。

2. 超大型、高参数齿轮及传动装置

大功率风力发电齿轮箱，高速列车齿轮传动装置，汽车节能自动变速器，核电循环水泵齿轮箱，舰船用大型齿轮传动装置，工程机械及矿山机械用液力变速器，大功率采煤机齿轮箱，掘进机齿轮传动装置，污水处理设备用高速齿轮箱。

3. 高压液压元件和大功率液力元件

工程机械用 31.5MPa 及以上高压柱塞泵 / 马达、高压液压阀，液压电子控制器，工作压力 31.5MPa 及以上高频响电液伺服阀和比例阀，液力变矩器，数字液压泵及液压缸，高转速大功率液力偶合器调速装置，农业机械用无级变速传动装置。

4. 智能、高频响气动元件

智能化阀岛，智能定位气动执行系统，柔性抓取气动系统及元件，轨道交通设备用气动元件，150Hz 以上高频响电磁换向阀，精密压缩空气过滤器，透平式气动马达。

5. 高可靠性密封件

高参数透平压缩机机械密封，大型高温高压泵和核电站核二、三级泵用机械

密封和静密封装置，大型工程机械液压缸密封，大型盾构机密封，风电偏航、变桨轴承密封。

6. 高速链传动系统

汽车发动机正时链及自动变速器哈瓦链，无级变速器专用无级变速链，高精度低噪声链轮，抗疲劳、耐磨损、耐腐蚀特异链。

7. 高可靠性联轴器、制动器、离合器

大功率风力发电制动器，高性能柔性联轴器，隧道掘进机和采煤机用鼓形齿联轴器，电磁离合器和制动器，轨道交通制动器，高精度限矩安全联轴器。

8. 高强度紧固件

10.9 级及以上汽车发动机紧固件，风力发电设备大规格高强度紧固件，飞机及航天器专用铝镁合金紧固件，自锁类紧固件。

9. 高应力、高可靠性弹簧

汽车和工程机械用高端悬架弹簧、气门弹簧和稳定杆，高速列车用弹簧，气动、液压件弹簧。

10. 高密度、高强度粉末冶金零件

高精度汽车粉末冶金零件，粉末冶金含油轴承，大型客机、高速列车、船舶制动用高性能粉末冶金摩擦材料及制动片。

11. 大型、精密、高效、多功能模具

高档乘用车车身及汽车（超）高强钢板热成形模具，高速精密多工位级进冲压模具，高光无痕、叠层旋转大型塑料模具，超大规模集成电路引线框架及超大超薄 LED 大型塑料模具，多料多腔精密电子、医疗器械注塑模具，大型工程机械轮胎橡胶模具，轻金属高精压铸模具。

根据以上发展重点，提出“十二五”期间机械基础件重点发展方向（见附表 1），从中选择 20 种标志性机械基础件作为开发的重点。

专栏 4　20 种标志性机械基础件

01 2MW 以上风力发电机组轴承 开发为 2MW 以上风电机组配套的工作寿命 20 年、可靠度≥ 99% 的增速器轴承和主轴轴承
02 长寿命、高可靠性轿车轴承和重载货车轴承 开发使用寿命 25 万 km 以上、可靠度≥ 99% 的轿车轴承和使用寿命 50 万 km 以上、可靠度≥ 99% 的重载货车轴承
03 高速动车组轴承 开发时速 200 ～ 300km、使用寿命 200 万 km、可靠度≥ 99% 的高速动车组轴承

（续）

04 大型薄板冷热连轧及涂镀层生产线轴承
开发精度 P4、P5 级，工作寿命轧钢 120 万 t，可靠度≥ 99% 的轧机轴承

05 高速、高精数控机床轴承及电主轴
$d_m n$ 值为 2.5×10^6mm·r/min，精度 P4、P2 级，轴承 16 000h 精度稳定使用，电主轴 2 000h 精度稳定使用

06 2MW 以上风力发电机组增速器
开发功率≥ 2MW、噪声≤ 95dB、机械效率≥ 97%、寿命≥ 20 年的风电增速器

07 高速列车齿轮传动装置
开发列车时速≥ 200km，功率 1 800kW，输入转矩 3 500N·m，输入转速 2 255 ～ 6 000r/min，传动比≥ 7 的高速列车齿轮

08 节能环保自动变速器
开发百公里综合油耗降低 5% ～ 10%，寿命 30 万 km 的自动变速器，包括行星排、金属带、锥轮锥盘、电磁阀、TCU、变矩器等

09 舰船用大型齿轮传动装置
开发功率 3 ～ 5MW、噪声≤ 90dB、转速≥ 3 000r/min 的船用齿轮传动装置

10 工程机械用高压液压元件
开发工作压力 35MPa 及以上高压柱塞泵 / 马达、液压电子控制器

11 高压液压阀
开发工作压力≥ 31.5MPa，流量≥ 100L/min 的高压液压阀，含流量共享系统、负荷传感系统、总线控制先导系统

12 农机用静液压驱动装置（HST）
开发工作压力≥ 25MPa，排量 18 ～ 45mL/r 的农机用静液压驱动装置

13 轨道交通用气动元件
开发工作压力 3 ～ 10bar（1bar=10^5Pa），环境温度 -40 ～ +80℃的气缸、气动阀、气源处理元件，以及气管、接头等配套气动元件

14 大型风力发电关键密封件
开发 7 ～ 10 年不发生龟裂，在 1m/s 速度、油脂润滑状态下，运行寿命达 7 ～ 10 年，适用温度范围为 -45 ～ +100℃的大型风力发电密封件

15 干气式机械密封装置
开发工作压力 20MPa 及以上的干气式机械密封装置

16 汽车发动机正时链与自动变速器的哈瓦高速齿形链
开发最高转速≥ 6 000r/min，寿命 25 万 km，抗拉载荷≥ 14kN，1 200h 试验伸长率≤ 1%，硬度达到 53HRC、硬度散差 ±0.5HRC、清洁度≤ 20mg/kg，可靠性≥ 99.9% 的链条

17 疲劳寿命 500 万次以上汽车发动机紧固件
开发 PPM ≤ 60，疲劳寿命≥ 500 万次的紧固件

（续）

18 汽车和工程机械用高端悬架弹簧、气门弹簧和稳定杆 开发工作应力＞1 200MPa、疲劳寿命＞100 万次的气门弹簧、悬架弹簧和稳定杆
19 C 级轿车整体车身成形模具 实现车门、前翼子板表面形状精度 0.05 ～ 0.08mm，结构面精度 ±0.05mm，多副模具总成尺寸匹配与控制（含回弹控制）内轮廓精度 ±0.7mm 以内、外轮廓精度 ±1.0mm 以内、总成件之间对接精度 ±0.5mm 以内，车身总体尺寸精度达到或接近 2mm
20 高光无痕、叠层旋转大型塑料模具 开发宽 1 200mm 及以上、模具精度 u 级、模具型腔 A0 ～ A1 级镜面光洁度，模具总装精度≤ 0.02mm 的高光无痕、模内装饰技术、超大超薄 LED 大型镜面、复杂高效精密汽车发动机塑料进气歧管的精密注塑模具；加热恒温浇注系统总误差 < 0.02mm，加热恒温 ±1℃，H7/g6 精密滑动配合，实现注塑双效生产叠层模具

（二）基础制造工艺

重点发展 6 类先进、绿色制造工艺，降低能源、材料消耗、改善环境，提高产品质量和效率。

1. 铸造工艺

定向凝固铸造工艺，热风长炉龄冲天炉及其熔炼工艺技术，数字化模拟技术，高紧实度粘土砂自动造型生产线技术，快速无模砂型铸造工艺，铝、镁、钛等特种合金铸造工艺，复合材料铸造工艺，半固态铸造工艺，高温、低温、高强韧度材料（球墨铸铁、等温淬火球铁、蠕墨铸铁、轻质合金）高精度铸造工艺。

2. 锻压工艺

大型薄壁结构件整体成形工艺，多工位冷、温锻工艺，高速精密镦锻工艺，大型复杂结构件精密体积成形工艺，大型环件冷辗扩工艺，板材管材精密成形工艺，高强钢板热成形工艺，曲轴、风电主轴及阀门全纤维近净成形技术，汽车铝合金精密锻造工艺，弧齿锥齿轮锻 - 磨联合制造工艺，精冲工艺。

3. 焊接工艺

激光及激光电弧复合热源焊接工艺，搅拌摩擦焊工艺，高精度及大厚度切割工艺，高效电弧焊工艺，等离子喷焊工艺，近净成形焊接新技术。

4. 热处理工艺

化学热处理催渗工艺，精密控制加热和淬火工艺，齿轮和轴承精密可控热处理工艺，超大型零件真空热处理工艺，大型轴类和管类零件感应淬火热处理工艺，大型全纤维炉衬无料盘可控气氛连续加热炉热处理工艺，连续真空热处理工艺，大型薄板件压淬热处理工艺，深冷热处理工艺。

5. 表面处理工艺

铝、镁合金、钛合金件表面处理与强化工艺，纳米颗粒复合电刷镀工艺，纳米陶瓷涂层工艺，等离子、激光、电子束表面强化工艺，低铬酸镀硬铬、镀锌后低铬钝化等绿色电镀工艺。

6. 切削加工及特种加工工艺

高速 / 超高速切削加工工艺，复合加工工艺（车铣复合、铣磨复合等），复合材料切削工艺，超精密加工工艺（轴系精度为 0.02 ～ 0.05μm），超大零件切削加工工艺，微量润滑切削工艺，干式切削工艺，“三束”（电子束、离子束、激光束）加工工艺，电火花加工工艺，超声加工工艺，增量制造工艺，粉末冶金零件的精密成形工艺。

从以上重点发展的基础制造工艺中，提出 50 项先进绿色制造工艺作为推广的重点（见附表 2），同时选择 15 项标志性基础制造工艺作为开发的重点。

专栏 5　15 项标志性基础制造工艺

01 定向凝固铸造技术
研究定向凝固工艺，目标产品是大功率重型燃气轮机用定向结晶高温合金叶片，叶片尺寸≥ 350mm

02 热风长炉龄冲天炉及其熔炼工艺技术
研究开发生产率在 15 ～ 50t/h 系列外热风、水冷长炉龄（12 周以上）热风冲天炉及其熔炼工艺，使铸铁件生产过程高效、连续、质量稳定、节能降耗

03 高紧实度粘土砂自动造型技术
开发 100 型 /h 以上，型砂密度 1.6 以上，设备故障率≤ 3% 的湿砂有箱自动造型技术，满足提高铸造机械化、自动化的需求

04 板材管材精密成形技术
开发板材成形模具智能化 CAD/CAE 系统，成形材料扩展到钛合金、高温合金、轻合金、高强钢等；目标产品：汽车车身覆盖件。开发管材成形技术，管材内高压 600MPa，材料抗拉强度 780MPa，直径与厚度比达到 180，壁厚小于 2mm；目标产品：排气管、重载货车后桥桥壳。开发大口径厚壁无缝钢管成形工艺，目标产品：超临界、超超临界火电、第三代核电用的耐高压大口径厚壁无缝钢管

05 冷 / 温精密成形技术
开发冷温精确成形机理与新成形方法，长寿命模具技术。实现冷 / 温精确成形锻件占模锻件总量的 10% ～ 12%，目标产品：轿车等速万向节、变速器齿轮等

06 大型复杂结构件精密体积成形技术
开发超大型钢锭材料成分纯净度与组织控制技术，大锻件内部缺陷形成机制与控制技术，大锻件模拟技术。提高材料利用率 5% ～ 10%，降低能源消耗 10% ～ 15%，目标产品：航空航天发动机涡轮盘

（续）

07 热精锻成形技术 开发精密制坯技术、自动润滑技术、生产线自动化技术。材料消耗平均降低 3% ～ 5%，热模锻件公差 13 级，平均能耗降低 10%，目标产品：汽车前后桥锻件、螺杆锻件
08 激光及激光电弧复合焊接技术 掌握激光及激光电弧复合焊接技术，目标产品：200mm 以上厚钢板焊接，焊接尺度在 100μm 量级，空间分辨率在几十微米尺度的微连接
09 搅拌摩擦焊技术 建立 0.3 ～ 50mm 厚度范围内轻合金材料搅拌摩擦焊性能数据库、工艺规范和技术标准，目标产品：大厚度铝合金结构件、航空发动机整体叶盘
10 化学热处理催渗技术 开发化学热处理（渗氮、渗碳）催渗技术工艺规范和技术标准，控制软件、催渗剂，保证 0.3mm 以上至 2.0mm 以下渗碳层的热处理节能 30% 以上
11 精密可控热处理技术 开发精密可控热处理技术、渗碳和渗氮控制软件、远程控制和远程故障诊断技术，使齿轮和轴承等内在质量和表面性能高，无变形和脱皮
12 铝、镁合金、钛合金件表面处理与强化技术 开发铝、镁合金微弧氧化工艺技术，使铝、镁合金制品表面氧化膜层大于 300μm，显微硬度超过 3 000HV，绝缘电阻大于 100MΩ，耐磨损、耐腐蚀、绝缘性能有较大改善。开发钛合金化学镀镍渗铝工艺技术，使 650℃耐高温钛合金制品经化学镀镍（层厚 20μm）后，大幅度提高抗氧化性能
13 纳米颗粒复合电刷镀技术 开发电刷镀 Ni-SiC 复合镀层技术，修复磨损失效的零件，改善零件表面性能，大幅度提高零件硬度
14 超精密加工技术 开发微量切削机理、精密测量技术和误差补偿技术，目标产品是芯片、磁盘、光盘、磁鼓、制导用激光反射镜、导航用陀螺仪、卫星姿态控制用半球体以及多种球面和非球面微光学元件等精密关键零件
15 低温与微量润滑切削技术 开发微量润滑系统及低温微量润滑复合系统，针对不同工件材料及切削工艺提供微量润滑和低温微量润滑条件下的刀具匹配方案，优化切削参数，建立相应的切削规范和切削数据库，实现高速切削的绿色化

（三）基础材料

以经济可承受性为主旨，重点发展关键基础零部件所需的高品质结构材料和工艺材料。

1. 结构材料

——高性能结构钢。高速铁路列车用轴承钢、汽车用轴承钢、耐冲击载荷高淬透性高碳铬轴承钢、中碳轴承钢、下贝氏体淬火高碳铬轴承钢、准高温轴承钢、抗磨粒磨损轴承钢；汽车变速器齿轮和汽车后桥齿轮用合金渗碳钢、飞机及坦克

发动机齿轮用合金渗碳钢，高强度紧固件用合金钢和调质钢，高应力弹簧钢，高性能链条专用钢，机床滚珠丝杠和直线导轨专用钢。

——高温合金。涡轮叶片、涡轮盘等用高温合金。

——高压精密液压铸件用铸铁。

——密封材料。高抗水解聚醚聚氨酯密封材料，高性能柔性石墨材料，高温和低温弹性等密封材料，高性能无石棉密封材料，高强度细颗粒机械密封用碳石墨材料。

——绝缘材料。F、H 级亚胺薄膜，特高压绝缘材料。

——复合材料。碳纤维复合材料，新能源汽车动力用大功率锂电池材料，聚甲醛合金材料，液压泵用双金属烧结材料，纳米复合材料。

——仪表功能材料。测温材料、敏感材料。

2. 工艺材料

——模具钢。中厚预硬模具钢，高耐蚀耐磨镜面塑模钢，高韧高耐磨冷作模具钢，大型轻质合金压铸模具钢，高性能粉末冶金模具钢。

——新型焊接材料。高强高韧焊接材料，耐热、耐蚀、耐辐照、耐磨及耐低温焊接材料，无毒绿色钎焊材料及焊剂。

——超硬刀具材料。金刚石（PCD）、立方氮化硼（PCBN）、硬质合金（YG、YT、YW）。

——工艺耗材。环境友好型涂料和润滑剂。

根据以上发展重点，提出“十二五”期间基础材料重点发展方向（见附表 3），从中选择 12 种标志性基础材料作为开发的重点。

专栏 6　12 种标志性基础材料

01 高性能轴承钢
汽车、风电、铁路车辆轴承用高碳铬轴承钢（GCr15、GCr18Mo）、渗碳轴承钢（G20Cr2Ni4A、G20CrNi2MoA）、中碳轴承钢（G56Mn、G42CrMo4）

02 高性能齿轮用钢
汽车变速器齿轮和汽车后桥齿轮及飞机、坦克发动机齿轮用合金渗碳钢（碳的质量分数为 0.10% ～ 0.25%，相当于 20Cr2Ni4、18Cr2Ni4WA）

03 高强度紧固件用钢
汽车紧固件用钢（相当于 10B18M），汽轮机紧固件用钢（X18CrMoWVNbN1）

04 大型、耐蚀模具钢
厚度超过 600 mm，探伤级别达欧洲 E/e 级制造级进模具的高精度高质量冷作模具扁钢和中厚预硬模具钢，表面到心部硬度波动不大于 3HRC 高耐蚀耐磨镜面塑模钢，大型铝、镁合金轻金属压铸模具钢

（续）

05 高可靠性密封材料 高抗水解聚醚聚氨酯液压用密封材料，高性能柔性石墨密封材料，金属O形圈、C形密封圈用因科涅600、750，高强度细颗粒机械用碳石墨材料
06 机床专用钢 机床滚珠丝杠和直线导轨用GCr15及新钢种
07 超硬刀具材料 金刚石（PCD）、立方氮化硼（PCBN）、硬质合金（YG、YT、YW）
08 新型焊接材料 高强高韧焊接材料，耐热、耐蚀、耐辐照、耐磨及耐低温焊接材料，无毒绿色钎焊材料及焊剂
09 液压铸件用材料 高压柱塞泵/马达壳体、高压整体式多路阀体、大功率液力偶合器泵轮及壳体铸件用球墨铸铁、蠕墨铸铁
10 高应力弹簧钢 高档车用高压力悬架弹簧钢（相当于UHS1900/2000）、高应力气门弹簧钢（相当于OTEVA70/OTEVA90或SWOSC-VHV/SWOSC-VHR）
11 绝缘材料 百万千瓦水轮发电机组用绝缘材料，大型核电专用电机用绝缘材料，风力发电机用绝缘材料，超高压/特高压输变电工程及配电用绝缘材料，配电变压器用绝缘材料
12 仪表功能材料 核电站的堆内测温铂电阻（1E级）和堆芯测温热电偶（1E级），用于重大设备状态监测的双参数温敏粉体介质材料以及替代贵金属用高性能钨铼热电偶丝等

四、主要任务

（一）加强自主创新，推动产业技术进步

1. 健全技术创新体系

继续推进以企业为主体，产学研用相结合的产业创新体系建设。鼓励“三基”企业与科研院所、高等院校、主机制造企业联合建立研发机构、产业技术联盟等技术创新组织，重点支持国家创新型企业试点、国家技术创新示范企业、国家认定的企业技术中心等创新能力建设和国家重点实验室、国家工程实验室、国家工程研究中心、国家工程技术研究中心等公共研发平台建设。支持行业生产力促进中心等社会化、专业性科技服务机构为“三基”企业服务，促进其健康发展。

2. 开发一批标志性“三基”产品

本着“有所为、有所不为”的原则，围绕重大装备和高端装备发展急需，集中优

势资源，通过开发 20 种标志性机械基础件、15 项标志性基础制造工艺和 12 种标志性基础材料，掌握一批“三基”产业发展的核心技术，形成批量生产能力，提高对重大装备和高端装备的配套能力，进而带动“三基”产业的配套和保障能力的全面提升。

3. 完善人才培养机制

加快建立多层次的适合“三基”产业发展的人才培养体系，培养一批具有国际视野的专家和技术带头人，引进、培养和造就一批优秀的从事“三基”研发和创新的团队。建立企校联合培养人才的新机制，促进创新型、应用型、复合型和技能型人才的培养。重视发展职业教育，支持行业职业技术培训中心的建设，开展技能等级评定和职业技能大赛，大力培养专业技能人才。

（二）优化产业结构，促进企业协同发展

1. 推进组织结构调整

通过政策引导，推动企业跨地区、跨所有制的兼并、重组，整合优势资源，提高产业集中度，形成若干家高起点、具有国际竞争力、产值超过 100 亿元的大型企业集团。鼓励“三基”企业向专业化分工、细分市场、特色明显的方向发展，重点培育 100 家掌握核心技术、专业化水平高、具有知名品牌的“专、精、特”企业。发挥龙头企业的带动、辐射作用，形成大型企业集团与中小企业优势互补、协调发展的产业格局。

2. 推进产品结构调整

推动通用型“三基”产品的更新换代，增加产品品种，改善和提高产品的性能和质量。鼓励“三基”企业发展高附加值、高技术含量的产品和工艺，不断提高高端产品的比例，增强为重大装备和高端装备配套能力。

3. 优化特色产业集聚区

加大对已有轴承、齿轮、液压件、气动件、密封件、链与链轮、紧固件、弹簧、模具、基础材料等产业集聚区的支持和指导，引导企业向产业园区集聚。结合“新型工业化示范基地”建设，发展一批专业特色鲜明、品牌形象突出、服务平台完备、热加工相对集中的现代产业集聚区。培育 30 家专业化分工、产业链协同的特色产业集聚区，形成布局合理、协调发展的产业格局。

（三）建设研发和服务平台，增强持续发展能力

1. 建设一批公共研发中心

发挥转制院所等已有平台为行业的服务功能，充实健全“三基”行业公共研究机构。充分利用现有优势资源，组建轴承、齿轮、液压件 / 气动件、密封件、紧固件及铸造技术、表面处理技术等公共研发平台，为行业提供关键技术、共性

技术研发支持，并实现成果共享。

2. 建设一批检测实验公共服务平台

依托现有检测实验资源，以公正开放、独立运作为保障，形成一批布局合理的第三方公共检测实验平台，开展产品强化实验、可靠性和寿命测试试验、产品质量检测检验、基础材料检验，形成专业化的检测 / 试验和服务能力。优先支持在产业集聚区建立公共检测实验平台。

3. 建设产需对接平台

深化配套企业与主机企业的战略合作关系，依托行业协会，建设若干跨行业、跨地区的产需对接平台，促使“三基”企业与主机企业形成有效的供应链，提升“三基”产业发展的效率与效益。

4. 提升金融服务水平

在“三基”产业集聚区，鼓励金融要素市场、金融机构在商业可持续和风险可控的情况下，围绕“三基”企业的发展，充分利用现有政策，拓宽企业融资渠道，健全信用担保体系，开发贸易融资、应收账款融资等金融产品，创新服务模式。鼓励优势企业上市融资。

（四）加大技术改造，转变产业发展方式

1. 推广 50 项先进绿色制造工艺

选择目前技术成熟、覆盖面广、应用效果显著的 50 项先进绿色制造工艺，结合企业技术改造工作，加快先进工艺与装备在生产过程中的应用示范和推广，实现节能、降耗、减排，提高产品质量和生产效率。

2. 支持企业技术改造

重点支持“三基”企业技术改造，优先加强科研和检测实验能力建设，提高工艺、技术和装备水平；鼓励企业进行节能降耗和资源综合利用改造；引导企业利用数字化控制技术和先进适用技术改造传统制造工艺和装备。

3. 建设区域基础制造工艺中心

在装备制造业发达的城市和产业集聚区，盘活和整合优势资源，形成 20 家技术水平高、服务能力强的铸造、锻造、热处理及表面处理等基础制造工艺中心，提高环境综合治理能力，降低污染物排放水平。

（五）加强行业管理，提升产业整体素质

1. 提升经营管理水平

支持大型企业集团和行业龙头企业创新体制机制，完善法人治理结构，建立

与市场经济相适应的现代企业制度，提高经营管理能力。引导中小型企业加强管理基础，健全管理制度，广泛运用先进管理方法和手段，提高产品质量一致性。

2. 完善标准体系

结合研究开发和试验验证，加大国家标准和行业标准制修订力度，鼓励以企业为主体研究制定我国自主知识产权的标准，并将有代表性的标准推向国际，加快国外先进标准向国内转化。发挥标准化手段对规范市场的基础性作用，加强标准宣贯，建立健全合格评定程序，促进新产品、新材料、新工艺的推广应用。加强产需企业间的沟通交流，实现上下游产品的标准对接，保证标准要求的协调性和一致性。

3. 提升产品质量

贯彻落实“工业产品品牌和质量振兴战略”，加强质量保障体系建设，强化产品质量认证制度，充实质量管理、可靠性工程的专业人才队伍，推进标准、认证、计量、检测检验、质量控制技术、质量工程技术等在企业质量控制与质量管理中的应用，着力提升产品的质量、可靠性和寿命。

4. 培育知名品牌

引导“三基”企业开展知名品牌培育活动，鼓励企业加强知名品牌产品和优质产品的推广营销，提高知名品牌产品的市场价值。同时，利用标准、认证、检测等手段，促进知名品牌产品质量水平的提高，加大打击制造假冒品牌产品的力度。

（六）推进“两化融合”，提高信息化水平

1. 提高企业信息化水平

继续推进企业在产品设计、生产过程、物流管理、销售与服务管理、财务管理等环节的信息化。开发和推广适合“三基”中小企业的产品设计软件及管理软件。鼓励在“三基”企业和主机用户之间建立持续改进、及时响应的客户关系和供应链管理系统，实现产业链上下游信息共享和业务协作。培育一批两化融合示范企业。

2. 大力发展数字化集成化的基础件

落实《智能制造装备发展规划》和《“数控一代”装备创新工程行动计划》，大力推进数字化控制技术与齿轮、轴承、液压件、气动件、密封件等机械基础件的相互融合，发展新一代具有智能化和集成化特征的机械基础件。

（七）实施“机械基础件和基础制造工艺双提升工程”

围绕提高机械基础件性能、可靠性和寿命，开展现代设计技术、先进制造技术、材料优化与新材料应用技术、快速强化试验技术等产品关键技术研究，重点开发一批标志性机械基础件，加强应用示范并实现产业化，全面提升对重大装备

和高端装备的配套保障能力。

针对加工对象的大型化和精密化的发展趋势，以及生产过程绿色化的要求，开发一批标志性基础制造工艺，推广应用绿色制造工艺技术和先进制造装备；加强工艺管理，严格工艺纪律，建立总工艺师责任制，实现制造工艺水平和工艺管理水平的大幅度提升。

五、保障措施

（一）加强宏观统筹协调

加强组织领导，成立推进“三基”工作领导小组，定期研究“三基”产业发展的重大问题；在继续贯彻落实《机械基础零部件产业振兴实施方案》的基础上，组织部署和实施《机械基础件和基础制造工艺双提升工程》。建立部际／部省例会制度，协调相关部门和地方资源，形成支持“三基”产业发展的合力。充分发挥企业市场主体作用和各级政府、行业协会及中介机构在推动“三基”产业技术进步和发展中的组织、协调作用。

（二）加强产业政策引导

充分发挥产业政策的引导作用，制定“三基”行业技术规范条件，提高行业准入门槛，遏制低水平重复建设。制定《机械基础件、基础制造工艺和基础材料产品推广目录》。继续实施现行基础件财税支持政策，对研制国家鼓励发展的关键“三基”产品，落实关键零部件、原材料进口免税政策。鼓励“三基”企业积极开展清洁生产审核，推进制造过程绿色化。研究制定鼓励用户采用“三基”新产品和新工艺的政策。

（三）加强资金引导和支持

加大国家相关计划对“三基”产业技术创新和技术改造的投入力度，支持产学研合作，联合攻克产业关键技术。研究设立“三基”产业发展专项，重点支持机械基础件、基础制造工艺和基础材料企业的技术研发和产业化，先进工艺推广应用，新产品的试点示范，研发、检测、培训等行业服务平台建设等。鼓励金融机构设立“三基”产业发展专项基金。引导地方、企业和社会资本加大对“三基”产业的资金投入。

（四）优化产业发展环境

加大宣传力度，促进技术、资本、人才向“三基”产业集聚，营造全社会重视“三基”产业发展的氛围。认真落实研发费用加计扣除、固定资产加速折旧等税收政策，促进企业加快技术创新和技术进步。鼓励有实力和有积极性的主机制造企业发展其所急需的基础零部件和基础材料，在满足自身配套需求的基础上逐

步走向社会化。

（五）推进国际交流合作

鼓励和引导企业加强与跨国集团开展多种形式的合资合作；鼓励国外企业来华投资或设立研发机构；鼓励国内“三基”企业走出去，到国外设立分公司或研发机构，更多地利用全球科技资源，引进国外先进技术、先进经验。积极参与和组织国际合作项目，在更大范围、更广领域、更高层次开展国际合作。

（六）充分发挥行业协会的作用

发挥行业协会的桥梁、纽带作用，鼓励行业协会积极参与国家、地方有关“三基”产业政策法规的制定。各行业协会要加强对行业发展重大问题的调查研究，反映企业诉求，引导规范企业行为，推进诚信体系建设，加强行业自律。组织建立“三基”产业经济运行及预测预警信息平台，及时发现、分析、反映行业情况和问题。提高各行业协会组织企业应对涉外知识产权纠纷、国际贸易摩擦的能力。各行业协会要积极组织企业间的交流活动，加强为企业新产品开发、工艺技术创新、科学管理提供咨询服务。

六、规划组织实施

工业和信息化部牵头负责《规划》实施，建立各部门分工协作、共同推进的工作机制，建立规划实施动态评估机制。

地方工业和信息化主管部门及相关企业结合本地区和本企业实际情况，制订与本规划相衔接的实施方案和相关扶持措施。

相关行业协会及中介组织要做好行业基础数据的统计分析工作，建立行业信息定期发布制度和行业预警制度，及时反映规划实施过程中出现的新情况、新问题，提出政策建议。

附表 1　机械基础件重点发展方向（节选）

序号	产品名称	规格或等级
（一）	高速、精密、重载轴承	
1	大功率风力发电机组轴承	为功率≥ 2MW 的风电机组配套，工作寿命 20 年，可靠度≥ 99%
2	长寿命高可靠性汽车轴承及轴承单元	轿车轴承使用寿命 25 万 km 以上，可靠度≥ 99%；货车轴承使用寿命 50 万 km 以上，可靠度＞ 99%

（续）

序号	产品名称	规格或等级
3	高速动车组轴承	时速≥ 200km，使用寿命 200 万 km，可靠度≥ 99%
4	大型薄板冷热连轧及涂镀层生产线轴承	精度 P4、P5 级，工作寿命轧钢 120 万 t，可靠度 99%
5	中、高档数控机床轴承和电主轴	$d_m n$ 值为 2.5×10^6mm·r / min，精度 P4、P2 级，轴承 16 000h 精度稳定使用，电主轴 2 000h 稳定使用
6	大型运输机轴承	dn 值达到 2.5×10^6mm·r/min，使用寿命 10 000h
7	重载铁路货车轴承	轴重≥ 30t，时速＞ 120km，使用寿命≥ 160 万 km
8	新型城市轨道交通轴承	时速≥ 100km，使用寿命 80 万 km，可靠度≥ 99%
9	大型隧道全断面掘进机主轴承	功率≥ 300kW，使用 5 000h 无故障
10	高速度长寿命纺织设备轴承	化纤设备轴承精度 P4、P2 级，转速≥ 25 000r/min，连续工作寿命≥ 15 000h；高速气流纺轴承转速 120 000r/min
11	超精密医疗器械主轴轴承	精度 P2 级，使用寿命 5 年
12	核电站二级泵轴承	使用 50 年无故障
13	水泥立磨机轴承	使用寿命≥ 30 000h
14	高速线材轧机轴承	速度达 120m/s
15	森吉米尔轧机轴承	精度达到超精密级，套圈截面相互差≤ 0.006mm
16	深井超深井石油钻机轴承	7 000 ～ 12 000m 深井超深井单井钻井无故障，使用寿命≥ 10 000h

注：本表只摘录了有关轴承部分。

附表 2　50 项推广应用的先进绿色制造工艺（节选）

序号	推广工艺名称
3	钢液炉外精炼（AOD、VOD）技术
10	冷、温精密锻造技术
11	高效感应电加热技术
18	大型环件冷辗扩技术

（续）

序号	推广工艺名称
20	清洁环保润滑技术
28	频谱谐波振动消除应力技术
29	可控气氛热处理技术
30	真空热处理技术
31	晶体管电源感应热处理技术
32	等离子体热处理（渗氮、渗碳、渗金属）技术
33	化学热处理催渗技术
34	智能型精密控制淬火冷却技术
35	低压渗碳高压气淬技术
41	钢铁件室温氧化及磷化工艺
47	激光精密加工技术
48	真空清洗干燥技术
49	基于中央控制技术的制造工艺系统
50	机械加工过程模拟仿真技术

注：本表只摘录了与轴承相关的先进绿色制造工艺。

附表 3　基础材料重点发展方向（节选）

序号	材料名称	材料说明
1	高性能轴承钢	汽车、风电、铁路车辆轴承用高碳铬轴承钢（GCr15、GCr18Mo）、渗碳轴承钢（G20Cr2Ni4A、G20CrNi2MoA）、中碳轴承钢（G56Mn、G42CrMo4）
7	超硬刀具材料	金刚石（PCD）、立方氮化硼（PCBN）、硬质合金（YG、YT、YW）
22	聚甲醛复合材料	航空航天、交通设备精密机械传动机构轴承、轴套用力学性能好的高耐磨、自润滑、自密封材料
24	高性能润滑剂	齿轮、轴承及锻压工艺用高润滑性、抗泡性、抗氧化性环保润滑剂

注：本表只摘录了与轴承相关的基础材料。

附件 B　国家科技计划有关轴承的课题申报指南

一、“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项有关轴承的课题申报指南

（一）2012年课题20　高速精密数控机床轴承系列产品及产业化技术

1. 研究目标

开展对量大面广的、$d_m n$ 值在 100 万 mm·r/min 以内的数控机床主轴轴承、支承轴承及转台轴承等产品的系列化开发，达到批量生产配套应用，实现中高档主轴轴承占有率达到 50% 以上；并开展 $d_m n$ 值达 200 万 mm·r/min 以上超高速、高精密机床主轴轴承系统研发，奠定其产业化基础。

2. 考核指标

1）高档数控机床系列轴承研发。可覆盖典型数控车床主轴轴承、高速铣床主轴轴承、高速精密磨床主轴轴承、精密铣镗加工中心主轴轴承、高速车铣加工中心主轴轴承、重型数控立式车床或卧式车床工作转台及主轴轴承、数控机床精密分度圆工作台轴承、数控机床滚珠丝杠支承轴承、数控磨齿机转台轴承及高速精密数控机床电主轴轴承的主要规格型号，其技术指标分别如下：

①典型数控车床主轴轴承系列产品研发。包括：

双列圆柱滚子轴承系列。尺寸范围：内径 50 ～ 200mm、外径 80 ～ 310mm、宽度 20 ～ 90mm；转速范围：3 000 ～ 8 000r/min；温升：小于 35℃ ；精度等级：P4、P4A、P2；径向跳动：0.002 5 ～ 0.005mm。

双向推力角接触球轴承系列。尺寸范围：内径 100 ～ 300mm、外径 150 ～ 420mm、宽度 60 ～ 164mm；转速范围：1 400 ～ 8 000r/min；精度等级：SP、UP；径向跳动：0.004 ～ 0.008mm；温升指标：小于 35℃。

角接触球轴承系列。尺寸范围：内径 60 ～ 160mm、外径 85 ～ 300mm、宽度 18 ～ 100mm；转速范围：3 000 ～ 8 000r/min；精度等级：P4、P4A、P2；径向跳动：0.001 ～ 0.005mm；温升指标：小于 30℃。

②精密铣镗加工中心主轴轴承系列产品研发。包括：

双列圆柱滚子轴承系列、双向推力角接触球轴承、角接触球轴承系列。尺寸范围：内径 50 ～ 200mm、外径 80 ～ 310mm、宽度 20 ～ 90mm；转速范围：

3 000 ～ 8 000r/min；精度等级：P4、P4A、P2；径向跳动：0.002 5 ～ 0.005mm；温升指标：小于 35℃。

双向推力角接触球轴承系列。尺寸范围：内径 100 ～ 300mm、外径 150 ～ 420mm、宽度 60 ～ 164mm；转速范围：1 400 ～ 8 000r/min；精度等级：SP、UP；径向跳动：0.004 ～ 0.008mm；温升指标：小于 35℃。

圆锥滚子轴承系列。尺寸范围：内径 150 ～ 340mm、外径 225 ～ 460mm、宽度 48 ～ 76mm；转速范围：700 ～ 2 000r/min；精度等级：P4、P2；径向跳动：0.001 ～ 0.005mm；温升指标：小于 30℃。

角接触球轴承系列。尺寸范围为：内径 60 ～ 160mm、外径 85 ～ 300mm、宽度 18 ～ 100mm；转速范围：3 000 ～ 8 000r/min；精度等级：P4、P4A、P2；径向跳动：0.001 ～ 0.005mm；温升指标：小于 30℃。

③高速铣床配套主轴轴承成系列产品研发。

角接触球轴承系列。尺寸范围：内径 30 ～ 100mm、外径 50 ～ 150mm、宽度 15 ～ 60mm；转速范围：5 000 ～ 10 000r/min；精度等级：P4、P4A、P2；径向跳动：0.001 ～ 0.005mm；温升指标：小于 20℃。

④高速精密数控磨床主轴轴承成系列产品研发。

角接触球轴承系列。尺寸范围：内径 60 ～ 160mm、外径 85 ～ 300mm、宽度 18 ～ 100mm；转速范围：3 000 ～ 7 000r/min；精度等级：P4、P4A、P2；径向跳动：0.001 ～ 0.005mm；温升指标：小于 20℃。

⑤高速车、铣加工中心主轴轴承系列产品研发。包括：

双列圆柱滚子轴承系列。尺寸范围：内径 110 ～ 340mm、外径 150 ～ 540mm、宽度 40 ～ 150mm；转速范围：1 000 ～ 6 000r/min；精度等级：P4、P4A、P2；径向跳动：0.002 5 ～ 0.005mm；温升指标：小于 30 ～ 40℃。

角接触球轴承系列。尺寸范围：内径 60 ～ 160mm、外径 85 ～ 300mm、宽度 18 ～ 100mm；转速范围：3 500 ～ 8 000r/min；精度等级：P4、P4A、P2；径向跳动：0.001 ～ 0.005mm；温升指标：小于 15℃。

⑥重型数控立、卧车工作转台及主轴轴承系列产品研发。

大型推力滚子轴承系列。转速范围：30 ～ 200r/min；精度等级：P4、P4A；轴向跳动：0.002 ～ 0.005mm；温升指标：小于 40℃。

大型角接触球轴承系列。转速范围：60 ～ 200r/min；精度等级：P4、P4A；径向跳动：0.002 ～ 0.005mm；温升指标：小于 30℃。

大型圆柱滚子轴承系列。转速范围：100 ～ 500r/min；精度等级：P4、P4A；轴向跳动：0.002 ～ 0.005mm；温升指标：小于 30℃。

⑦数控机床精密圆分度工作台轴承系列产品研发。

精密交叉圆锥滚子轴承系列。尺寸范围：内径 200 ～ 1 600mm、外径 280 ～ 1 800mm；转速范围：50 ～ 200r/min；精度等级：P4、P2；轴向跳动：小于 0.006mm。

精密交叉圆柱滚子轴承系列。转速范围：50 ～ 200r/min；精度等级：P4、P2；轴向跳动：小于 0.008mm。

⑧数控机床滚珠丝杠支撑轴承系列产品研发。

推力角接触球轴承系列。转速范围：1 800 ～ 4 000r/min；精度等级：P4、P2；轴向跳动：小于 0.002 5mm；温升指标：小于 15℃。

⑨高档数控磨齿机转台轴承系列产品研发。

MRTC 高精密转台组合轴承系列。尺寸范围：内径 200 ～ 460mm、外径 300 ～ 600mm、宽度 45 ～ 70mm；转速范围：100 ～ 500r/min；精度等级：P4、P2；径向跳动：0.003 ～ 0.006mm。

⑩高速及超高速立/卧式加工中心精密主轴轴承及高速电主轴轴承系列研发。

内径 25 ～ 300mm；转速范围：10 000 ～ 30 000r/min；精度等级：P4、P4A、P2；径向跳动：0.002 5 ～ 0.005mm；温升指标：小于 15 ～ 35℃。

2）以上各系列产品的产业化技术研发，制定各系列产品设计与制造技术规范及工艺标准、检测规范、质量控制方法等，研发及建立完善的产品及工序检测方法和检测装置，建立并完善关键生产制造装备和生产线。

3）通过以上各系列机床主轴轴承等产品研发，实现中高档机床主轴轴承的品种覆盖率达 90% 以上；各系列主轴轴承在专项研制的主机上得到应用验证。

4）带动量大面广的机床主轴类国产轴承系列产品市场占有率达 50% 以上，实现各系列产品年销售量不低于 10 000 套。

5）形成不少于 20 项专利技术或专有技术，其中发明专利不少于 15 项；制定不少于 20 项技术规范与标准。

6）课题牵头单位建立起不少于 50 人的专职研发团队和技术合作组织，新增具有高、中级职称的技术人员和技术工人 100 人以上。

3. 研究内容

1）面向上述产品的设计、制造、装配及服役全过程研究，包括建立支持各

系列轴承产品系统研发的专业化实验室及检测系统，并能够完成关键技术机理性实验、基本技术特征实验、关键技术识别专项实验，以及技术集成综合实验。

2）产品及制造过程中需要的专用测试仪器与设备的研制。

3）各系列轴承产品配套应用的主机示范实验与测试。

4）各系列轴承产品制造全过程相关技术研发与技术改造，能够全面支持各系列机床轴承规模化制造。

5）完成各系列轴承研发、产业化制造、主机应用及服务全过程技术发展与运行管理系统，奠定中高端机床轴承产品技术升级与发展基础。

4. 实施期限

2012 年 1 月 — 2015 年 3 月。

5. 课题设置及经费要求

拟支持 1 项课题；中央财政经费投入主要用于围绕共性关键技术机理性分析与实验、基本技术特征实验、关键技术识别专项实验、技术集成综合实验及终端主机示范实验的条件建设，包括实验平台及检测系统建设；用于产品具体技术特征进行产业化关键技术发展及产品设计技术、制造全过程集成研究，测试、标准、检测等研究等。自筹与地方配套资金合计数与中央财政投入经费比例不低于 1:1，其中地方配套资金不低于中央财政投入经费的 20%。

中央财政经费投入支持方式：事前立项事后补助。

6. 申报条件

课题牵头单位应为轴承制造企业，具有上述领域较强的技术实力积累、规模产业化生产能力及产品市场开发能力、技术研究基础及综合工作业绩的优势企业；具备较强的专业研发团队和较完善的实验开发条件；鼓励“产、学、研、用”联合申报。

（二）2009年（第二批）课题19　高速、高刚度大功率电主轴及驱动装置

1. 研究目标

开发高速铣削及加工中心机床用高速大功率电主轴及驱动装置，掌握相关设计、制造和控制核心技术，综合技术指标和可靠性达到国际同类产品水平。开发多规格系列化产品，与国产数控系统和机床配套应用验证，形成小批量生产能力。

2. 考核指标

开发 3 个以上规格的内装电动机、驱动装置及电主轴产品样机，与专项 2009 年度第一批课题申报指南中课题 18“高档数控装置”以及专项支持研发的高档数控机床配套，实现不低于 20 套的小批量应用验证。

系列化内装电动机、驱动装置及电主轴开发：其中最大功率规格额定功率≥50kW（20 000r/min）；最高转速≥40 000r/min(18kW)；具有电主轴轴承动态预紧力调整功能；平均无故障运行时间≥5 000h；主轴回转精度＜1.5μm；电主轴系统刚度≥150N/μm(40 000r/min) 和300N/μm(20 000r/min)；动平衡精度G0.4～G1.0级；恒功率范围大于1:4；高精度C轴位置控制；高分辨率编码器接口；具有两种以上的现场总线接口。

形成2或3项专利技术或专有技术，提出相关技术规范与标准；提出提高可靠性的具体方法，建立基本的可靠性试验手段，消除产品早期故障。

3. 研究内容

高性能内装式电动机设计技术；电动机制造工艺技术；电主轴的损耗和温升抑制技术；电动机的弱磁调速技术研究；大功率高速闭环矢量控制技术；高精度C轴定位控制技术；高速轴承及其润滑、散热、冷却技术；装配工艺研究；高速精密轴系转子动力学分析技术；在线测试技术及动平衡技术；轴承预紧力控制技术。

4. 实施期限

2009年3月—2012年12月。

5. 课题设置及经费要求

拟支持不超过3项课题研究；中央财政投入经费应主要用于产品关键技术研究、性能测试与工艺技术研究；自筹与地方配套资金合计数与中央财政投入经费比例不低于1:1，其中地方配套资金不低于中央财政投入经费的20%。

6. 申报条件

课题牵头单位应是国内相关领域生产企业，具有较强的技术基础和技术开发队伍，具有较完善的试验、生产条件；申报单位应针对指南提出的全部研究内容和考核指标进行申报；鼓励“产、学、研、用”联合申报。

（三）2009年（第一批）课题31　大型专用轴承

1. 研究目标

完成高档数控机床与基础制造装备所需配套的大型专用轴承的研发及产业化工作。

2. 考核指标

立式车床工作台主轴轴承：规格560mm×820mm×195mm和800mm×1200mm×250mm，精度P2级。

落地铣镗床主轴双列圆柱滚子轴承：ϕ180～ϕ300mm，精度SP级以上。

龙门镗铣床铣头 C 轴双向组合轴承：ϕ395mm×520mm，精度 P4 级以上。

重型卧式车床主轴箱双列推力滚子轴承：ϕ1 000mm，精度 10μm 以内。

形成 2 或 3 项专利技术或专有技术，提出相关技术规范与标准；完成以上述轴承为代表的大型轴承系列化产品设计、生产和检测，小批量生产，并在数控机床中进行应用。

3. 研究内容

大型专用轴承材料、结构和机理，试验与检测技术，制造工艺方法，滚子的精度及尺寸一致性技术。

大型轴承的优化设计，轴承结构和性能有限元仿真分析，专用轴承材料选择及其热处理工艺，轴承关键零件加工工艺方法，轴承的检测和试验技术，轴承组配技术。

4. 实施年限

2009 年 3 月— 2010 年 12 月。

5. 课题设置及经费要求

拟支持不超过 2 项课题研究，中央财政投入经费应主要用于产品关键技术研究、性能测试与工艺技术研究，自筹与地方配套资金合计数与中央财政投入经费比例不低于 1:1，其中地方配套资金不低于中央财政投入经费的 20%。

6. 申报条件

课题牵头单位应是国内轴承生产骨干企业，须在上述研究领域具有较强的技术基础和技术开发队伍，具有较完善的试验、生产条件；申报单位应针对指南提出的全部研究内容和考核指标进行申报；鼓励“产、学、研、用”联合申报；课题申报时应提供为数控机床具体配套的采购合同。

二、国家科技支撑计划重点项目“关键基础件和通用部件”课题申请指南

（一）2006年课题二　高速、精密、重载轴承关键技术研究

1. 研究目标

面向高速列车、车辆、矿山机械、数控机床等重大装备所需高精度、高可靠性、精密轴承配套的需要，突破设计与制造核心关键技术，满足国产化配套需求。

2. 研究内容与考核指标

研制开发寿命大于 100 万 km 的高速列车用圆柱滚子轴承（250 ～ 300km/h，精度等级 P5，振动等级 V2 和 Z2 以上，可靠性 99.9%）、寿命 20 万 km 以上的车

辆和矿山机械用重载轴承以及数控机床精密主轴轴承等。掌握优化设计技术，材料和热处理工艺，关键零件加工工艺方法及检测技术、低噪声技术。申报 2 或 3 项国家发明专利。

3. 课题经费

本课题国拨经费不超过 1 200 万元。

4. 实施年限

本课题实施年限为 2006 — 2009 年。

5. 申报条件

本课题牵头单位以企业为主，须具有高速重载精密轴承产品的技术研究基础和较强的科技开发技术队伍，具有较完善的试验、生产条件和相关的业绩。鼓励产学研联合申报课题。

（二）2010年课题一　高速铁路和城市轨道交通车辆轴承关键技术研究与应用

1. 研究目标

针对高速铁路和地铁、轻轨等城市轨道交通车辆对轴承的急需，开发高可靠性配套轴承，突破关键技术，完成可靠性试验，实现产业化。

2. 研究内容

面向高速铁路客车、城市轨道交通车辆配套轴承的应用需求，开展轴承结构优化、仿真分析、表面应力分布与寿命关系、失效机理、试验测试、热处理工艺、批产工艺及智能轴承传感器集成与匹配等关键技术研究。

3. 考核指标

轴承使用寿命 60 万 km，可靠性达到 99%，轴承精度 P5 级，高铁轴承时速≥ 250km，轨道交通车辆轴承时速≥ 100km；形成批量生产能力，实现产业化；制定高速铁路和轨道车辆轴承试验规范和标准 2 项，为高速铁路和轨道车辆轴承的国产化提供设计和试验依据；申请专利 6 项以上，其中发明专利不少于 3 项；发表论文不少于 3 篇。

4. 实施年限

2011 年 1 月— 2013 年 12 月。

5. 课题设置与经费

拟支持 1 项课题研究，申报单位应按该课题指南发布的全部内容进行申报，不能只针对课题的部分内容进行申报。

本课题国拨专项经费不超过 700 万元，配套经费（自筹和地方配套）与国拨

专项经费比例不低于 1.2:1。

6. 申报条件

课题牵头单位以国内轴承行业骨干企业为主，在该领域具有一定的研究基础和开发能力，具备完善的试验和生产条件，有较好的市场影响力。鼓励“产、学、研、用”联合申报。

（三）2010年课题二　2MW以上风电装备系列轴承关键技术研究与应用

1. 研究目标

针对 2MW 以上风力发电机装备轴承的急需，开发高承载能力、高可靠性、高安全性、长寿命配套轴承，突破关键技术，完成可靠性试验，实现产业化。

2. 研究内容

针对 2MW 及以上风电装备的齿轮箱、电机、偏航与变桨等轴承，开展轴承寿命、额定负荷计算方法的研究；提出轴承结构设计、材料选择等提高轴承寿命的有效方法；研究风机轴承保持架的加工工艺和无损检测方法，开发 2MW 级以上风力发电机组齿轮箱轴承的试验装置，制定专用的检测方法和检测规程。

3. 考核指标

轴承精度 P5，设计寿命 20 年；大修期 2 年无故障；实现批量配套与产业化；制定风电轴承单元试验规范和标准 2 项，为风电轴承的国产化提供试验数据和设计依据；申报专利 10 项以上，其中发明专利不少于 3 项；发表论文不少于 6 篇。

4. 实施年限

2011 年 1 月—2013 年 12 月。

5. 课题设置与经费

拟支持 1 项课题研究，申报单位应按该课题指南发布的全部内容进行申报，不能只针对课题的部分内容进行申报。

本课题国拨专项经费不超过 700 万元，配套经费（自筹和地方配套）与国拨专项经费比例不低于 1.2:1。

6. 申报条件

课题牵头单位以国内轴承行业骨干企业为主，在该领域具有一定的研究基础和开发能力，具备完善的试验和生产条件，有较好的市场影响力。鼓励“产、学、研、用”联合申报。

附件 C　关于认真贯彻《产业结构调整指导目录（2011 年本）》的通知

中轴协〔2011〕18 号

中国轴承工业协会

二零一一年五月九日

各单位：

国家发展和改革委员会于 2011 年 3 月 27 日发布第 9 号令，公布《产业结构调整指导目录（2011 年本）》。

“指导目录”“第一类　鼓励类”和“第二类　限制类”中有关轴承的内容如下：

第一类　鼓励类

十四、机械

14. 时速 200km 以上动车组轴承，轴重大于 30t 重载铁路货车轴承，使用寿命 200 万 km 以上的新型城市轨道交通轴承，使用寿命 25 万 km 以上汽车轮毂轴承单元，耐高温（400℃以上）汽车涡轮、机械增压器轴承，P4、P2 级数控机床轴承，2MW 及以上风电机组用各类精密轴承，使用寿命大于 5 000h 盾构机等大型施工机械轴承，P5 级、P4 级高速精密冶金轧机轴承，飞机及发动机轴承，医疗 CT 机轴承，以及上述轴承零件。（“指导目录”P22）

第二类　限制类

十一、机械

23. P0 级、直径 60mm 以下普通微小型轴承制造项目”。（“指导目录”P74）

希望各企业认真贯彻《产业结构调整指导目录（2011 年本）》，用好用足国家促进产业结构调整的各项政策，加大产业结构和产品结构调整力度，加快转变发展方式，实现科学发展，为把我国早日建成世界轴承强国作出贡献。

附件 D　工业和信息化部关于印发《机械基础零部件产业振兴实施方案》的通知

工信部装 [2010]479 号

工业和信息化部

二零一零年十月十一日

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团工业和信息化主管部门：

为落实《装备制造业调整和振兴规划》，提升装备制造业整体水平，推动机械基础零部件产业结构优化升级，工业和信息化部组织制定了《机械基础零部件产业振兴实施方案》，现印发你们。

各地区要结合自身实际情况，研究制定促进机械基础零部件产业升级的具体措施，加快突破关键零部件发展瓶颈步伐，不断满足各领域装备及战略性新兴产业发展的需要。

机械基础零部件产业振兴实施方案

机械基础零部件（主要指：轴承、齿轮、模具、液压件、气动元件、密封件、紧固件等）是装备制造业不可或缺的重要组成部分，直接决定着重大装备和主机产品的性能、水平、质量和可靠性，是实现我国装备制造业由大到强转变的关键。为落实《装备制造业调整和振兴规划》，提升基础零部件发展水平，推动产业结构优化升级，特制订本方案。本方案实施期为 2010 — 2012 年。

一、现状与问题

（一）现状

机械基础零部件品种规格繁多，量大面广，为航空航天、兵器、机械制造、交通运输、建设工程、冶金矿山、石油化工、电力能源、电子通信、轻工纺织

等装备提供配套，并广泛应用于社会生活的各个方面。经过多年发展，我国机械基础零部件制造业已经形成门类较齐全、规模较大、具有一定竞争力的产业体系。

目前，我国拥有机械基础零部件规模以上企业 8000 多家。进入 21 世纪后，我国机械基础零部件制造业连续多年保持年均 20% 以上增速，国内市场占有率 65% 左右，重大装备配套水平显著提高，已成为机电产品出口大户，紧固件产量居世界第一位，液压元件、齿轮市场销售额居世界第二位，轴承和模具销售额居世界第三位。

（二）存在的问题

近年来我国装备制造业水平大幅提升，大型成套装备已能基本满足国民经济建设需要，然而基础零部件却无法满足主机配套要求，已成为制约我国重大装备发展的瓶颈。主要问题表现在：

一是科技创新能力薄弱。我国机械基础零部件制造业对材料、工艺缺乏系统研究与应用，基础共性技术研发和实验投入少且分散，技术基础薄弱，原创技术和专利产品少，导致产品早期故障率高、使用寿命短、可靠性差，与世界先进水平相比存在较大差距。

二是产业结构不合理。机械基础零部件产业市场进入门槛低，有效行业监管和企业自律缺失，具有国际竞争力的企业及知名品牌少。中低端基础零部件产品低价恶性竞争严重；高端基础零部件研发、制造能力严重不足。

三是工艺装备落后。我国机械基础零部件制造工艺及装备落后现象长期存在，工艺基础数据积累不足，过程控制能力和工艺保证能力不均衡，制造技术与检测手段落后，致使产品的一致性和稳定性不能满足主机配套需求，严重影响了产品制造水平的提升。

四是新产品进入市场难。检验认证体系不够完备，新产品缺乏实验验证和应用业绩，加上用户和主机企业因受责任风险等因素影响，对使用基础零部件新产品缺乏信心。同时部分用户对新产品质量差的惯性思维，增加了新产品进入市场的难度。

二、指导思想与基本原则

（一）指导思想

按照邓小平理论和“三个代表”重要思想，深入贯彻落实科学发展观，以调

整产业结构和转变发展方式为主线，以重大装备需求为依托，以培育专业化企业为载体，着力加强政府引导，着力加强政策扶持，着力加大宣传力度，着力加大研发投入，逐步增强产业核心竞争力和市场占有率，为实现装备制造业由大变强奠定坚实基础。

（二）基本原则

——市场主导原则

围绕国家重点工程、重点领域和战略性新兴产业对重大装备的需求，积极发展关键基础零部件，提高市场配套能力。通过健全和完善标准体系，推进第三方产品检验认证制度，建立市场准入和退出机制，规范市场秩序。

——创新先导原则

加大研发投入力度，开展关键技术和共性技术研究及产品开发，加强行业公共研发和服务平台建设，培育科技创新领军人才，建立健全以企业为主体，产学研用相结合的技术创新体系，形成持续的创新能力。

——结构优化原则

鼓励企业通过兼并重组发展具有国际竞争力的大企业集团，积极引导中小企业向“专、精、特”方向发展，形成优势互补、协调发展的产业格局。

——重点突破原则

选择一批基础条件好、需求迫切、带动作用强的领域和产品，加大支持力度，突破发展瓶颈，打造一批具有国际先进水平的产品和知名品牌，带动产业的全面发展。

三、目标

通过 3 年努力，使我国机械基础零部件制造水平得到明显提高，自主创新能力实现较大提升，产业结构不合理的局面得到改善，逐步扭转基础零部件产业发展严重滞后的被动局面。

突破一批基础零部件制造关键技术，产品技术水平达到 21 世纪初国际先进水平；研发一批关键基础零部件，掌握一批拥有自主知识产权的核心技术，重大装备基础零部件配套能力提高到 70% 以上；调整产业和产品结构，发展一批高附加值产品，培育一批具有国际竞争力的专业化强的基础零部件企业及知名品牌；加大技术改造支持力度，着重加强工艺装备及检测能力建设，创建若干行业技术服务平台，完善技术创新体系，夯实技术创新基础。

四、重点任务

（一）围绕重点领域，突破一批关键零部件发展瓶颈

围绕能源开发、交通运输、新农村建设、新材料制备、节能环保与资源综合利用等领域建设所需装备，针对主机配套的轴承、液压件、密封件等关键基础零部件性能水平低、可靠性差等问题，加强基础工艺研究，改善生产条件，加快提升基础零部件质量水平，不断满足各领域装备及战略性新兴产业发展的需要。

1. 高效清洁发电设备配套领域

1.5MW 以上风力发电机增速器轴承、发电机轴承和主轴轴承、齿轮传动装置，偏航、变桨用液压伺服系统与密封系统，风电塔筒用大规格高强度紧固件，叶片成型模具和电机定、转子零件大型精密冲压模具；大型水力发电机球阀、转轮叶片、接力器密封系统；核电站二级泵轴承、新型核电主泵三级密封装置、高可靠性核电专用紧固件。

2. 高档轿车及重载货车配套领域

轿车三代轮毂和重载货车二代轮毂轴承单元，汽车节能自动变速器及其关键零部件，汽车发动机正时链系统和变速器齿形链系统，汽车发动机用高强度紧固件，高档轿车覆盖件模具及多工位高精度冲压模具，汽车超强钢板热压成形模具，汽车发动机进气歧管成形模具，汽车整车及零部件装配生产线用气动伺服阀、比例阀和阀岛、定位气缸；制动能量回收型汽车液压混合动力装置。

3. 轨道交通装备和船舶配套领域

时速 300km 及以上高速动车组、大功率交流传动电力 / 内燃机车、载重 100t 铁路重载货车和城市轨道交通车辆用轴承、齿轮传动装置、气动元件及系统；船用大功率高速齿轮传动装置、高转速大功率液力偶合器调速装置，海洋工程用超大模数齿轮齿条传动装置。

4. 工程机械和农业机械配套领域

工程机械用高压柱塞泵 / 马达、高压液压阀、液力变矩器、动力换档变速器、液压电子控制器，千吨级重型运输车齿轮传动装置，全断面掘进机主轴轴承、密封件，大型行走机械用液力变速器及驱动桥箱；半喂入水稻收割机静液压驱动装置（HST），大型拖拉机耕深液压控制系统。

5. 冶金矿山设备配套领域

大型薄板冷热连轧设备、高速线材轧机、森吉米尔轧机用轴承，大型轧机设备用伺服装置和系统；煤矿掘进机、采煤机配套用静液压驱动系统、高转速大功

率液力偶合器调速装置，水泥立磨机轴承，液压支架配套的密封材料和密封系统。

6. 电子专用装备及新兴产业配套领域

大规模、超大规模集成电路用引线框架精密多工位级进模，集成电路精密封装模具，电子元器件和精密接插件用精密模具，超高速精密冲压模具；高分子复合材料成型设备、生物制药设备、医疗器械所需的精密、超精密模具，CT 机轴承，新型化纤设备轴承、智能定位气动执行系统。

7. 高端装备制造业配套领域

高档数控机床用大型精密轴承、高刚度大功率电主轴轴承，基础制造装备用大型铝镁合金压铸模具，重大装备用高速高精传动装置、高精密液压件、密封件及系统；大型飞机配套轴承、齿轮传动装置、高强度高韧性耐高温复合材料成型模具、液压控制系统，航空用钛合金 / 铝镁合金紧固件。

（二）加快产业及产品结构调整，增强企业竞争力

积极推动产业和产品结构调整，改变我国基础零部件行业目前存在的低水平制造能力过剩、高水平制造能力不足的局面，提升产业竞争力。

1. 积极培育一批“专、精、特”企业和知名品牌

研究完善相关配套政策，充分利用市场机制和宏观调控手段，鼓励基础零部件企业向专业化分工、细分市场、特色明显的方向发展。培育 100 家有较大规模、专业化水平高、特色鲜明、具有知名品牌产品的企业。加大知识产权保护，营造公平竞争的市场环境，吸引多种资本投向基础零部件行业，提高企业研发高性能产品的积极性。鼓励企业跨行业、跨所有制兼并重组，整合要素资源，提高集约化生产水平，努力形成若干具有国际竞争力、年销售额超过 50 亿元的企业集团。

2. 优化特色产业集聚区

依托现有资源，结合基础零部件企业的特点，加大对国内已有轴承、齿轮、液压件、密封件、紧固件等产业集聚区的支持和指导，引导企业向产业园区集聚，加强集聚区铸造、锻造、热处理的集中化生产，培育一批专业化分工、产业链协同、销售收入超 100 亿元的特色产业集聚区。支持省市建设省级基础零部件新型工业化示范基地，鼓励在具备条件的集聚区建设若干国家级基础零部件“新型工业化示范基地”。建立健全区域性现代制造服务业体系，提高区域配套服务能力，完善技术成果共享机制。鼓励机械基础零部件产业集聚区通过资源整合，在集聚区内形成公共技术研发中心、检测实验中心、培训中心等公共服务机构。

（三）加强基础能力建设，提高产品质量和档次

完善标准体系，加快基础零部件标准制修订和宣贯，促进产品质量达标。加大技术改造支持力度，加强基础技术应用研究和检测实验条件建设，搭建面向全行业服务的权威检测实验机构，促进产学研合作，扩大品种，提高质量，提升行业整体技术水平。

1. 完善标准体系，加快标准贯彻实施

结合产品的研究开发和试验验证，制修订一批国家标准和行业标准，鼓励企业参与国际标准制修订工作，用先进标准支撑行业发展。重点支持设计和制造技术、先进制造工艺及装备、节能减排技术标准的制修订，形成完善的标准体系。建立行业标准化工作和信息平台。发挥标准化手段对规范市场的基础性作用，加强标准宣传贯彻，组织开展重点产品达标工作，推动企业严格执行强制性标准，引导企业积极采用推荐性标准。配合质量监督部门，做好机械基础零部件产品的质量监督管理工作，杜绝无标、违标、降标生产，提高产品质量。加大质量达标产品和企业的宣传力度，创立一批知名品牌。

2. 加大技术改造力度，提高企业工艺装备水平

重点支持关键基础零部件企业技术改造，加强基础研究和检测实验能力建设，提高工艺、技术和装备水平；支持企业进行节能降耗和资源综合利用改造，减少能源、材料消耗和污染物排放；支持利用信息技术和先进适用技术改造传统制造工艺和装备，淘汰“高污染、高消耗”等落后工艺和装备；鼓励将技术改造资金优先用于检测实验条件建设和企业技术中心建设。

3. 搭建公共服务平台，提升行业整体技术水平

依托科研院所、高等院校和检测机构等现有资源，形成一批行业检测实验平台，开展基础零部件强化实验、可靠性和寿命测试试验、产品质量检测检验、材料性能检验，为提高基础零部件质量提供先进的检测实验条件和权威的第三方检测。整合集聚优势资源，在中小企业集聚区形成公共服务平台，为中小企业技术创新提供支撑服务。鼓励有条件的大型企业将检测实验能力向社会开放。

五、保障措施

（一）提高认识，加强组织协调

通过多种形式宣传机械基础零部件在装备制造业发展中的重要地位，提高全社会对基础零部件重要性的认识。各级政府主管部门应根据实施方案确定的目标

和任务，结合本地的特点和产业优势，研究制定有利于机械基础零部件产业发展的政策和措施。

（二）发挥政策引导作用，优化产业发展环境

完善标准体系，探索建立机械基础零部件产品认证认可制度，提高产品的质量稳定性。研究开展机械基础零部件“专、精、特”企业认定工作，制定高端机械基础零部件产品推广目录，结合现有产业政策以及研发创新奖励政策，着力营造有利于机械基础零部件产业健康发展的市场环境，引导制造企业开发高附加值产品，加快产品结构转型升级。

（三）加大技术进步投入，促进产业快速提升

加大重点产业振兴和技术改造专项对机械基础零部件产业自主创新和产业化建设项目的支持力度，对引进先进技术后开展消化吸收并产业化的建设项目，国家有关专项资金给予重点支持；加大对公共服务平台的支持力度，优先支持在产业集聚区建立公共（技术）服务平台；鼓励和引导民间资本、外资投向机械基础零部件产业研发领域，推动产业转型升级。

（四）加强基础科技开发，提高自主创新能力

针对机械基础零部件产业存在的突出问题，加强与国家科技支撑计划衔接，着重突破重大关键技术瓶颈。结合“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项，研究开发高档数控机床与基础制造装备所需要的关键基础零部件，推动将关键零部件国产化水平作为专项主机装备的评价指标。

（五）充分发挥协会的作用，提升行业管理水平

充分发挥行业协会的桥梁和纽带作用，凝聚行业力量，反映行业诉求；加强行业基础数据的统计分析工作，建立行业信息定期发布制度和行业预警制度，引导行业健康快速发展；制定行业自律性行规、行约，逐步形成健康有序的机械基础零部件行业市场；开展“质量兴业”等促进行业质量进步的活动，为产业振兴奠定坚实的基础。

附件：机械基础零部件产业重点发展方向（节选）

序号	产品及项目名称	规格或等级
1	风力发电机增速器轴承、发电机轴承和主轴轴承	为功率≥ 1.5MW 的风电机组配套，工作寿命 20 年，可靠度≥ 99%
2	核电站二级泵轴承	使用 50 年无故障

（续）

序号	产品及项目名称	规格或等级
3	高速动车组轴承	时速≥ 200km，使用寿命 300 万 km，100 万 km 可靠度≥ 99%
4	重载（100t）铁路货车轴承	轴重≥ 30t，时速≥ 120km，使用寿命 160 万 km
5	大型隧道全断面掘进机主轴承	使用 5 000h 无故障
6	水泥立磨机轴承	使用寿命 30 000h 以上
7	高速度、高精度数控机床轴承及电主轴	d_mn 值 2.5×10^6mm·r /min，精度 P4、P2 级，16 000h 精度稳定使用，8 000h 无维修
8	大型薄板冷热连轧及涂镀层生产线轴承	工作寿命轧钢 120 万 t，可靠度 99%。冷轧工作辊轴承连续工作要达到 600h，支承辊轴承连续工作要达到 10 000h
9	高速线材轧机轴承	速度达 120m/s
10	森吉米尔轧机轴承	精度达到超精密级，套圈截面相互差小于 0.006mm
11	轿车三代轮毂轴承单元	使用寿命 25 万 km 以上，可靠度≥ 99%，轴向跳动≤ 0.01mm，径向跳动≤ 0.04mm
12	重载货车二代轮毂轴承单元	使用寿命 50 万 km 以上，可靠度≥ 99%
13	大型运输机轴承	dn 值达到 2.5×10^6mm·r/min，使用寿命 10 000h
14	CT 机轴承	精度 P2 级，使用寿命 5 年
15	新型纺织机械（化纤设备）轴承	精度 P4、P2 级，转速≥ 25 000r/min，连续工作寿命≥ 15 000h

注：表中内容摘录轴承产品及项目。

附件 E　关于组织推荐 2011 年国家重大科技成果转化项目的通知（节选）

财办建 [2011]30 号

中华人民共和国财政部办公厅

中华人民共和国工业和信息化部办公厅

二零一一年三月八日

各省、自治区、直辖市、计划单列市财政厅（局）、工业和信息化主管部门，新疆生产建设兵团财务局、工业和信息化主管部门，有关行业协会，有关中央企业：

为贯彻落实中央经济工作会议精神，进一步推动产学研用紧密结合，加快科技成果向现实生产力转化，提高企业技术创新能力，推进工业经济转型升级和经济发展方式转变，财政部、工业和信息化部共同组织实施 2011 年国家重大科技成果转化项目。现将有关事项通知如下：

一、项目条件及要求

1）符合国家高技术产业政策、战略性新兴产业发展方向，其中重点扶持领域详见附件 1，原则上重点扶持领域 3 年内基本维持不变，体现集中、持续支持。

2）鼓励项目承担单位与高等院校或科研机构、用户开展产学研用合作，产学研用合作需签订合作协议。同等条件下优先支持条件成熟、企业牵头的产学研用合作联盟承担项目以及跨年度项目。项目承担单位需提交切实可行、细致严谨、便于考核的实施方案。鼓励企业与高等院校、科研院所通过共建研发机构、研发实验室等方式合作承担项目。

3）项目实施期限原则上不超过 3 年，并需有明确、量化的技术指标和分年度任务完成计划。属产学研用合作项目的应确定一家牵头单位，明确合作形式（如合作开发、技术转让等）及各方任务分工及相关进度，知识产权归属清晰，权利义务明确，没有法律纠纷，具有优势互补、强强联合的特点，具备良好的前期研

究开发基础和产业化条件。

4）2008年至2011年2月底，获得相关领域国家技术发明奖、国家科技进步奖、国家发明专利。

二、项目组织与推荐

1）请各省级（含计划单列市、兵团）财政部门会同工业和信息化主管部门按照本通知要求，联合向财政部、工业和信息化部推荐科技成果转化项目，项目推荐材料包括：

① 2011年国家重大科技成果转化项目补助汇总表。

② 2011年国家重大科技成果转化项目补助申请表。

③ 2011年国家重大科技成果转化项目可行性研究报告。

④ 2011年国家重大科技成果转化项目产学研用信息表。

2）承担符合本通知要求科技成果转化项目的中央企业集团、国家级行业协会，直接向财政部、工业和信息化部推荐。

3）各省（自治区、直辖市）推荐项目不超过15个；各计划单列市、新疆生产建设兵团推荐项目不超过10个；单个中央企业集团推荐项目不超过3个；单个国家级行业协会推荐项目不超过3个。重点领域项目数量应占推荐项目总数的70%及以上。

三、项目审核与资金下达

1）财政部会同工业和信息化部在组织专家评审、复核的基础上，研究拟定项目安排和资金补助方案，经公示无异议后，财政部将组织专业机构实施核查，通过核查的项目纳入项目库，滚动支持、动态管理，持续投入。财政部会同工业和信息化部根据当年预算安排及工作需要，从项目库中选择项目并下达首批预算指标。

2）跨年度实施项目，财政部会同工业和信息化部严格按照审核通过的方案进行逐年考核。第二年及以后年度的补助资金，在年度考核通过后，财政部按当年计划下达预算指标。中央企业集团或省级财政部门根据项目实施进度及管理办法，及时将补助资金拨付项目承担单位。

四、其他要求

1）请按照本通知要求认真做好项目组织推荐工作，并对推荐项目的真实性、

合法性负责。如有弄虚作假等违法违规行为，一经查实，将依照有关法律、法规和政策规定严肃处理。

2）项目推荐材料限纸质文稿，一式三份，A4 纸张规格，双面打印，按附件顺序装订，并在规定时间内一次报送齐全，不得中途追加或修改，超过规定时限不予受理。项目可研报告需由具备甲级资质的工程咨询机构出具。

3）项目推荐截止日期为 4 月 30 日（以项目推荐材料邮寄时间为准）。

4）本通知及项目安排、资金补助计划全部向社会公开，接受社会各界监督。

5）项目推荐材料不受理现场报送，请直接邮寄至盈富泰克创业投资有限公司。

地址：北京市中关村南大街 2 号数码大厦 B 座 2003 室

邮编：100086

附件：2011 年国家重大科技成果转化项目重点领域（节选）

一、机械装备制造领域技术

（一）大型精密轴承技术

1）1.5MW 以上风电增速器轴承、主轴承技术。

2）时速 200km 以上动车组轴承技术。

3）轴重大于 30t 重载铁路货车轴承技术。

4）使用寿命 200 万 km 以上新型城市轨道交通车辆轴承技术。

5）使用寿命 25 万 km 以上轿车三代轮毂轴承单元技术。

6）汽车涡轮机械增压器轴承技术。

7）P4、P2 级高速、精密数控机床轴承技术。

8）P5、P4 级高速精密冶金轧机轴承技术。

附件 F　国家大型轴承工程技术研究中心可行性论证报告㊀（节选）

拟组建的国家大型轴承工程技术研究中心以瓦房店轴承集团有限责任公司（瓦轴集团）为依托，以瓦轴集团技术中心现有人员、设备为基础，以国家十六项关键领域配套轴承为方向，开展滚动轴承的设计方法、材料应用、检测试验方法等为主要内容的技术研究，建设轴承的精度、性能、寿命及可靠性四个技术研究平台，推动行业的技术进步，重点解决高速、重载、精密轴承的设计、制造与应用的技术问题，实现产业化。

所谓大型轴承，是指外径在 200mm 以上的轴承，主要为重大技术装备进行配套，即：兆瓦级风力发电设备、轨道交通高速铁路客车、大功率牵引机车、高档数控机床、成套冶金设备、百万吨级乙烯和百万吨级 PTA 化工、大飞机、新型舰船、大型核电设备等重大技术装备，特别是高新技术、精细加工设备中配套的高精度、高速、重载、高可靠性的轴承。技术难度和附加值高于中小型轴承，开展大型轴承的研究，形成系列轴承开发技术，可以促进中小型轴承的水平提升。

一、建立大型轴承研究中心的重要性及必要性

1. 建立大型轴承工程技术研究中心是振兴装备制造业的需要

装备制造业是为国民经济和国防建设提供技术装备的基础性、战略性产业，其发展水平体现了一个国家的工业化水平、科技创新能力和综合国力。《国家中长期科学和技术发展规划纲要》于 2005 年正式颁布执行，2006 年 2 月国务院《关于加快振兴装备制造业的若干意见》颁布实施。政策的出台，营造了振兴装备制造业的政策与舆论环境。几年来，在国家宏观政策的指引下，装备制造业取得了飞速发展，一大批关键成套设备应运而生。高速铁路机车与动车装备、高档精密数控机床、风力发电机组、冶金钢铁设备、新型舰船等国防重大装备、大飞机、全断面掘进机等关键技术领域取得突破性进展。《规划纲要》中提出的十六个国家重大科技专项中提出《高档数控机床和基础制造装备》作为十六个重大专项之一。振兴装备制造业的十六个关键领域中，轴承在十四个领域中是关键零部件，

㊀ 摘自瓦房店轴承集团公司 2009 年《国家大型轴承工程技术研究中心可行性研究报告》。

是提高这类重大装备工作能力、运转精度、稳定性、使用寿命和可靠性的最关键和最直接环节之一。在轨道交通车辆装备上，转向架、轮轴、轴承是运动部件，是保证车辆安全运行的关键，铁路系统为了随时掌握轴承的运行状况，在道路上每间隔 30km 就安装了一个红外线监控装置，检测轴承运转过程中温度变化，如果轴承质量出现问题，将导致热轴甚至切轴事故；在高档数控机床领域，主轴轴承的精度和精度保持性决定了机床的制造精度，机床作为工业母机必须达到国际先进水平，才能整体带动装备制造业的发展；在风力发电设备上，一台 1.5MW 的风机有6个部位需要轴承，整个需求量为44～48套轴承，国产轴承价值约60万元，如果采用进口轴承约为 100 万元，价格占整个风机价格的 10%。由于轴承是保证风机 20 年寿命和可靠性的关键部件，且在风机运行过程中由于装卸费用的原因而难以更换，轴承成为了风机的关键部件；钢铁行业的高速线材、冷轧薄板质量是钢铁行业水平的标志，要求线材轧机要达到 120m/s 以上，轴承能够满足轧钢 120 万t，可靠度 99% 的要求。大飞机项目是我国重点发展的项目，目前已经成功地自行研发了支线飞机，但是干线飞机仍然被国外两大公司垄断，正在组成大飞机公司进行系统开发。轴承是飞机起落架、发动机、尾翼、舱门等运动部位的关键零部件；掘进机是我国大力发展的大型工程机械装备，对推力、刀盘最大切削转矩、刀盘转速等有严格的要求，这些指标全部需要主轴轴承来承担，主轴轴承是掘进机的核心零部件，如果主轴轴承出现损坏，整个掘进机就将报废，因为轴承在掘进机工作过程中出现故障无法更换，因此，它的寿命和可靠性要求必须绝对保证，目前掘进机整机已经实现了国产化，但是轴承仍然采用进口。因此轴承是重大装备的关键核心部件，其性能和质量直接决定了重大装备的发展水平。2007 年，我国需求大型轴承约为 190 亿元，其中进口 140 亿元，国产 50 亿元。大型轴承在装备制造业中占有非常重要的地位。

由于我国大型轴承产品的水平整体比较低，严重制约了我国装备制造业水平的提高，轴承已经成为装备制造业整机发展的“瓶颈”。我国发展高速铁路，铁路动车组的轴箱轴承要求满足 350km/h 的速度，而目前我国只能达到 200km/h，高速动车组轴承全部需要进口，并且在运行一个周期需要检修时，铁路车辆部门需要把轴承再返到国外进行检测和修理，严重制约了我国高速铁路的发展。我国发展聚乙烯成套设备配套的造粒机主轴轴承完全由舍弗勒公司垄断，如 20 万t造粒机需要的轴承额定载荷为 1 557kN、极限载荷为 4 690kN、寿命为 70 900h，按理论计算，国产轴承也能够达到这个水平，但是由于受加工精度和材料水平等

因素的影响，不能全面满足设备要求。在机床领域，国外高速精密轴承 *dn* 值可达 3×10^6mm·r/min，而我国仅可达 0.6×10^6mm·r/min，不能适应机床发展高速的要求。大型高速磨齿机主轴轴承为 P2 级，目前国外对我国限制进口，发展大型高速磨齿机受到了限制。国外冶金成套设备上，轴承能够达到轧钢 120 万 t，可靠度 99%，目前我国轴承能够达到的钢材轧制量为 80 万t，可靠度 90%。线材轧机轴承国外能够达到 120m/s，而我国轴承只能达到 70m/s。宝钢 2050 轧机国产轴承最好的产品平均寿命为 4 000h，而 SKF 轴承平均寿命为 7 000h。高速线材轧机配套轴承全部依靠进口。大型民用飞机全部被国外两大公司垄断，飞机配套轴承全部由几大国际跨国轴承公司供应。飞机的发动机、起落架、尾翼等所有运动部位全部需要轴承，是飞机的关键运动部件，国外对我国实施严密的封锁。我国发展 3MW 以上的风力发电机组，目前国内还没有系列开发出配套的变桨、偏航、主轴、增速机、发电机轴承。国外轴承已经向单元化、信息化、智能化方向发展，形成轴承单元、带传感器的轴承组件、高档次的电主轴等产品，我国目前在这方面才刚刚起步，水平比较低。

2. 是增强我国轴承行业在国际上的竞争力，建设轴承强国的需要

装备制造业强国的欧洲、美国、日本都是轴承强国。我国要成为装备制造业的强国，也必须成为世界轴承强国，特别是装备业配套的大型轴承。第一，要扩大产品品种，提高市场占有率。2008 年全球轴承销售额为 350 亿美元。从市场占有率来看：欧洲的两大轴承制造企业 SKF 和舍弗勒公司约占全球需求的 35%，美国以铁姆肯公司为代表的轴承企业约占全球的 20%，日本的五家公司约占 25%，我国轴承市场占有率约占全球的 15%；从产品品种上看：全球轴承规格约 20 万个，我国生产的产品规格约 7 万个，其中世界最大的轴承制造企业 SKF 能够生产 3 万种产品，我国最大的轴承企业瓦轴集团能够生产的规格为 16 000 个。我国要成为世界轴承强国，必须加大产品品种的开发。第二，要从高速度、高精度、长寿命和高可靠性、集成化、智能化等方面全面提升产品档次水平。提高产品的转速：要在短期内使我国的轴承产品能够达到国外高速精密轴承 d_mn 值可达 2.5×10^6mm·r/min 的水平。在短期内解决高速铁路轴承满足 350km/h 的使用要求，解决精密高速线材轧机轴承的需要等，满足装备制造业发展需要的问题。提升产品的精度：要在目前国内能够提供 P4 级的产品基础上，能够生产 P2 级产品，发展航天航空轴承，实现国产化的配套能力。提高产品的寿命和可靠性：要在高速铁路轴承、精密轧机轴承、航空航天轴承等方面全面提升

产品的水平。此外，还应解决产品质量不稳定，离散性大，精度保持性不能满足设备应用要求的问题。第三，提升产品的附加值。从产品的附加值来看，我国轴承价格是国外轴承的 1/5 ～ 1/3。第四，发展机电一体化轴承单元。要发展车辆轮毂轴承单元，发展电主轴产品，发展带传感器的轧机轴承产品等。通过提升轴承行业的整体水平，满足我国国民经济建设和国家安全的需要，增强我国轴承行业在国际市场的竞争力。

3. 是发展国防新装备的需要

我国发展新型武器装备，要求国内企业必须进行配套轴承研发，满足武器装备的需要，如飞机拦截器配套轴承、新型舰船轴承、新一代战机轴承、新型主战坦克轴承等。

4. 是提升我国轴承产业整体技术水平的需要

大型轴承的配套领域，越来越要求轴承能够承受重载、高速，而且对轴承精度和可靠性的要求越来越高。对于外径 200mm 以上的轴承产品，我国的轴承行业有大量的、系统的共性技术问题需要研究解决，这些问题不是靠单个企业能够解决的，需要集合全行业的技术力量，进行联合攻关，但目前轴承行业共性技术研发平台缺位，需要尽快建立完整的开发体系，满足国家装备业发展的需要。

1）需要应用工程分析软件开展轴承的受力分析及轴承结构的设计方法、轴承母线形状及接触应力等项目的研究，优化轴承的设计方法和标准，解决我国轴承不能适应高转速和长寿命的设计要求的问题，提升整个行业的轴承设计水平，解决我国轴承行业普遍存在的长期仿制国外产品的问题。

2）开展轴承不同应用条件下的材料研究，为钢铁行业提升钢材质量、发展轴承特种钢材指出方向。SKF 应用的轴承钢有 30 多种，而我国的轴承钢材料不到 10 种。通过开展钢材的应用研究，促进钢铁企业开展新钢种的研究和优化钢材的冶炼轧制工艺，发展我国的新轴承钢种和提升轴承钢材的质量，满足轴承的需求。

3）开展轴承密封与润滑研究。通过对各种润滑脂和密封材料的研究，寻求不同应用工况的轴承的密封材料和润滑脂的需要，为密封件企业和润滑脂企业提出轴承产品需求目标。

4）开展工艺研究，提升整个轴承行业的工艺制造水平，如精密锻造技术、可控气氛热处理技术、表面改性技术、高精度滚动体加工工艺技术、表面凸度加工技术、轴承硬车代替磨削技术等。提高我国轴承工艺水平，提高轴承精度、性能、寿命和可靠性，提高加工效率和材料利用率。

5）实现信息化和工业化的融合。开展信息化技术研究，将遥控、遥感技术应用到轴承产品中，实现轴承使用过程中的适时控制。开发高档数控机床电主轴、带传感器的铁路、轧机等应用信息技术的轴承单元，扩大轴承产品品种，实现轴承的升级换代。实现制造过程的信息化、智能化、自动化。

二、瓦轴集团具备的优势和条件

1. 瓦轴集团是我国轴承行业最大和综合实力最强的轴承企业

——瓦轴集团能按照 ISO 国际标准和高于国家标准、国家军用标准的企业标准生产九大类型、250 系列、5 个精度等级、16 000 多个品种规格的轴承产品和等速万向节。轴承产品最小外径 30mm，最大外径 6 000mm，产品品种及产品范围在我国名列第一。

——拥有自主知识产权的产品在我国名列第一。16 000 多个规格的轴承全部拥有自主知识产权。

——瓦轴集团的 ZWZ 品牌是在我国名列第一的轴承品牌。ZWZ 商标被国家工商局认定为“中国驰名商标”，ZWZ 品牌轴承被认定为“中国名牌产品”、“国家免检产品”；被国家商务部定为“最具市场竞争力品牌”的产品。

——瓦轴集团的经济规模和主要经营指标在我国轴承行业排名第一位，世界第九位。瓦轴集团集团公司年销售收入由 2000 年的 17 亿元增长到 2008 年的销售额 52 亿元，利润 4 亿元。

——瓦轴集团技术开发能力在我国轴承行业名列第一。瓦轴集团拥有国家级企业技术中心，在全国近 500 家国家级企业技术中心评定中，排名第 59 位，轴承行业排名第一位。检测试验中心于 2004 年在全行业率先通过合格评定国家认可委员会的检测能力认可，是我国最早通过国家认可的轴承企业实验室。公司从 2006 年开始建设省级工程技术研究中心，2008 年通过验收。

——瓦轴集团的大型轴承产品市场覆盖领域在我国排名第一。准高速铁路轴承、大型机床轴承、冶金矿山和大型机械轴承、重大装备轴承等产品的市场占有率均为 25% 以上。

——公司在历史上为我国的装备业发展和国防建设作出了重大贡献。瓦轴集团生产了我国第一套工业轴承，第一套坦克诱导轮轴承，第一套大型跟踪望远镜轴承，第一套核工业轴承，第一套铁路客车、货车、机车轴承，第一套兆瓦级风电轴承等，为许多国家重大项目，如三峡工程、中华世纪坛、9910 工程、铁路

六次提速等一大批国家重点项目和工程配套。

2. 瓦轴集团地处我国轴承行业的中心位置

瓦轴集团是我国轴承的故乡，处在“中国轴承之都”——瓦房店。瓦轴集团是其核心企业，很多轴承企业的技术来自于瓦轴集团，很多企业的人才来自于瓦轴集团。

3. 瓦轴集团的自主创新与研发条件优势

瓦轴集团经过了 70 多年的历史，积累了大量的轴承的设计与制造技术，形成了比较完善开发体系。

公司通过几年的大规模研发平台建设的投入，已经完成了大型重载精密轴承研发和试验平台建设，建设了风力发电轴承试验平台、汽车轴承试验平台等多个领域的轴承试验平台，使瓦轴集团的研发实力得到了提高。2007 年企业研究与发展（R&D）经费支出额 17 000 万元，是我国研发投入最大、研发平台最完备的轴承企业。

连续 3 年新产品开发实现销售收入占总销售收入的 30% 以上。近 3 年累计完成技术创新项目 272 项，实现经济效益 6 000 多万元。2008 年公司被大连市评为十大技术创新企业。

自 2000 年以来，先后获得国家、部和省市级各种科技成果 70 余项，其中 41 余项获得国家和省部级科技进步奖。兆瓦级风电轴承研发、宝钢 2050 热轧线主轴承、大型高档数控机床轴承、新型城市轨道交通轴承、新型舰船轴承等项目在轴承技术的研发上取得重大突破。46 种产品获得国家、省、市新产品奖。已申报专利 217 项，其中发明专利 59 项，已授权专利 139 项，其中发明专利 11 项。瓦轴集团为辽宁省专利试点企业、大连市十大创新型企业、全国创新型试点单位。

4. 瓦轴集团的人才优势

瓦轴集团拥有各类专业技术人员 1 000 余人，其中享受政府津贴 10 人，学科带头人 19 人，高级技术人才 120 人，中级技术人才 515 人。瓦轴集团各类轴承专业人才云集，技术水平在国内轴承行业处于领先水平。

5. 瓦轴集团的工艺装备优势

公司经过 5 年的技术改造，大型轴承的制造工艺装备水平处于国内第一、国际领先的地位。

锻造工序采用德国瓦格纳径轴向辗环设备和国内开发的 3.5m 辗环设备，锻造装备处于国内领先的地位。

是国内唯一一家在车加工方面全面实现数控化加工的企业。大型轴承的车加

工全部实现了数控化加工，保证了产品的成形质量。

公司的热处理设备采用了奥地利爱协林、德国易普森的可控气氛自动生产线，能够实现对产品的加工硬度、组织的可控；引进了德国 STANG 公司的渗碳专家系统，实现渗碳过程的“可视化”。国内轴承行业只有瓦轴集团做到了热处理过程的可控、可视。

公司引进了世界顶尖的高精密轴承生产线，引进了滚动体磨超生产线，滚动体的加工水平能够达到Ⅰ级以上，产品的加工精度能够为 P2 级轴承配套，装备水平优于国际最著名的企业水平。

公司引进了 800mm、1.25m、1.6m、2.5m 的高精度立式磨床 9 台，并引进了国外超精磨设备，这些工艺装备在我国轴承行业只有瓦轴集团拥有，其中 2.5m 立式磨床国内有三台，其他两台都在军工整机企业，轴承行业只有一台。瓦轴集团是国内唯一一家具有能够完成 P4 级以上大型精密轴承加工的工艺装备的企业。

三、“中心”的建设目标与任务

（一）总体目标

国家大型轴承工程技术研究中心将建设成为国家大型轴承领域的技术创新中心、技术转化中心和人才培养中心。建设成为国内领先、国际一流的，集轴承设计、试验、检测、分析与研究为一体的，具有技术转化机制和较强的工程化、产业化能力的工程研究中心。

“中心”建设期内形成开发大型、精密、重载轴承及各类高附加值的特种轴承新产品 1 200 余种的产品研发能力；申报技术专利 100 项；形成产品设计、工艺制造、检测试验专有技术 30 项；各级科技进步奖和优秀新产品奖 20 项。带动全行业的技术转移、技术融合和技术升级。

（二）未来3年达到6项具体的目标任务

1. 整合瓦轴集团现有技术资源，组建国家大型轴承工程技术研究中心，建立技术创新体系

根据总体目标，中心将由技术支持部、产品开发部、技术开发部、检测试验中心及技术管理部 5 大部门构成。并联合西安交通大学、大连理工大学设立两个工程研究分中心，共同组建成国家大型轴承工程技术研究中心（亦称瓦轴集团轴承工程研究院）。形成产品研发、共性应用技术研发、检测试验、技术

援助 4 大技术研发平台。中心以现有的瓦轴集团技术中心研究和设计人员为基础，将公司内具有丰富轴承设计和应用研究经验的人员招聘到中心开展研发工作。国内合作高校的研究人员定期或不定期在工程研发中心进行项目研究。在国内外招聘轴承专业的技术研究专家。组建博士后工作站。中心的研究人员保持在 200 人左右。

1）中心固定科技人员 150 人。

2）流动科技人员 30 ～ 50 人，其中：国内高校客座教授及研究人员 20 ～ 30 人；国内外招聘专业研究人员 10 ～ 20 人。

3）博士后工作站每年进站的博士生 8 ～ 10 人。

四个技术研发平台将由以下研究室组成：

1）产品研发平台将组建 8 个专业轴承产品研究室（其中新建 2 个）、3 个工艺研究室（其中新建 1 个）、1 个装备研究室和 1 个自动线研究室。

2）共性应用技术研究将在现有基础上调整建立轴承材料、润滑、噪声、化学分析及密封技术 5 个研究室。

3）检测试验平台将在现有基础上调整建立寿命试验、承载试验、低温试验和失效分析 4 个研究室。新增高精度试验研究仪器设备 40 台（套）。

4）技术援助平台将在现有基础上调整建立电感监控、智能辅助、应力分析和仿真试验 4 个研究室。

2. 依托单位赋予国家大型轴承工程技术研究中心分公司的职能，建立自主经营、独立核算的创新机制

依托单位将向中心提供科研方向、激励措施和产业化保障等资源。中心与依托单位每年根据产业发展需要提出年度研发计划，实行项目招标和聘任相结合的工程师负责制的组织形式，开展轴承应用技术和产品开发技术的研究。

中心将引入竞争机制和人才流动机制，以市场需求为导向，以科技成果的工程化、产业化为基本任务，同时实行多元化机制。中心在分配、奖励、学科队伍建设等方面将努力营造一个宽松的环境，真正做到有利于科技成果工程化，有利于高层次人才的稳定和培养，真正实现一流的管理、一流的人才、一流的技术、一流的装备，使中心快速地进入发展的良性循环。

中心在国家宏观经济政策、产业政策、技术政策的指导下，面向国内同行业承接工程化研究、检测试验开发任务，实行有偿服务。逐步形成科研—开发—产品—市场的良性循环。

3. 以国家确定的十六个关键领域重大技术装备配套轴承研究为主，开展轴承的精度、性能、寿命及可靠性四大共性技术攻关，实现产业化

（1）轴承精度技术攻关　以满足高精度精密机床、精密轧机、高精度回转医疗器械轴承等为目标的开发研究。

高精度机床工作台组合轴承：外径 ϕ200 ～ ϕ500mm，精度 P2 级。

落地铣镗床主轴双列圆柱滚子轴承：外径 ϕ200 ～ ϕ400mm，精度 SP 级以上。

重型卧式车床主轴轴承：外径 ϕ1 000mm，旋转精度 10μm 以内。

精密机床丝杠支承多联角接触球轴承：实现万能配对，精度 P4 级以上。

高精度的森吉米尔轧机轴承：P2 级，内外径截面相互差为 0.006μm。

高精度医疗器械 CT 机轴承：精度达到 P2 级，轴承使用寿命 5 年，实现免维护。

形成 5 ～ 8 项专利技术或专有技术，完成以上述轴承为代表的大型轴承系列化产品设计、生产和检测，批量生产，并在高档数控机床和高档医疗器械中得到应用。依托单位高精度、大型专用轴承实现年生产配套 10 000 套；高精度医疗器械 CT 机轴承年产 1 000 套。

与此同时要建立轴承刚性的计算方法，建立轴承摩擦力矩计算及检测方法，研究轴承预过盈状态下刚性的影响，进行 0 级圆柱滚子与Ⅰ级圆锥滚子的制造技术研究，检测、检验技术规范及组装使用规范的研究。研究分析多联角接触轴承凸出量等对精度的影响。

（2）轴承性能技术攻关　以满足高速铁路动车组和重载铁路货车轴承、高速机床轴承、高速线材轧机轴承和重载汽车轴承的高速、重载为目标的开发研究。

高速动车组轴箱轴承，运营速度 350km/h，设计寿命达到 300 万 km 以上。

100t 重载货车轴箱轴承，运营速度 120km/h，轴承使用寿命达到 160 万 km 以上。

高转速机床轴承，$d_m n$ 值达到 3×10^6mm·r / min。

高速线材轧机轴承，速度达到 120m/s 以上。

重载货车二代轮毂轴承单元，使用寿命 50 万 km。

形成 5 ～ 8 项专利技术或专有技术，完成以上述轴承为代表的高速动车组轴承、重载铁路货车轴承、高速机床轴承等系列化产品设计、生产和检测，批量生产，并在高速铁路、高速数控机床和高速轧机中得到应用。依托单位具有年生产配套 350km/h 动车轴承 5 万套、100t 重载货车轴承 15 万套、高速线材轧机轴承 3 000 套、重载货车二代轮毂轴承单元 20 万套的能力。

同时进行高速轴承套圈、滚动体结构运动学、动力学分析方法研究；汽车圆锥滚子轴承接触应力分析技术研究；密封结构与密封技术的研究，密封圈和防尘盖装配工艺和装配方法研究；外圈双沟一次磨削工艺技术研究；保持架采用全新结构型式，便于高速、润滑充分，同时散热性能优越的研究等。

（3）轴承寿命技术攻关　以满足风力发电机组和长寿命轧机轴承为目标的开发研究。

研发 2.0 ～ 3.0MW 风电机组的主轴轴承、变桨与偏航轴承、增速机轴承，使用寿命 20 年，终身免维护。

冷轧薄板轧机工作辊轴承，使用寿命 5 000h 以上，冷轧薄板轧机支撑辊轴承，使用寿命 2 年以上。

形成 5 ～ 8 项专利技术或专有技术，完成 2.0 ～ 3.0MW 风电机组的主轴轴承、变桨与偏航轴承、增速机轴承等系列化产品设计、生产和检测，批量生产，并在风力发电机、长寿命轧机中得到应用。依托单位具有年生产配套风电主轴轴承 10 000 套、变桨与偏航轴承 15 000 套、增速机轴承 8 000 台份、长寿命轧机轴承 50 000 套的能力。

同时针对风力发电设备用的轴承应用工况，对轴承滚动体需要采用特殊的素线形式减少应力集中，延长轴承疲劳寿命进行研究；表面改性工艺技术的应用，提高轴承抗磨损能力；圆柱滚子轴承和四点接触球轴承采用整体加强型保持架，提高抗冲击能力的设计等。

（4）轴承可靠性技术攻关　以满足盾构机主轴承、核泵轴承和国防新型装备轴承为目标的开发研究。

研制高可靠性盾构机主轴承，轴承外径 3 ～ 5m 的转盘轴承，工作寿命 5 000h，产品的可靠性达 100%。

研制核二级泵滚动轴承，寿命 50 年，可靠性 100%。

新型舰船大型轴承的可靠性达到 3 000 次制动。

形成 3 ～ 5 项专利技术或专有技术，完成盾构机主轴轴承、核泵以及军工轴承等系列化产品设计、生产和检测，批量生产，并在风力发电机、长寿命轧机中得到应用。依托单位具有年生产盾构机主轴承 100 套、核二级泵轴承、新型舰船轴承 50 台套的能力。

同时进行基于盾构机主轴承的受力分析研究对结构的优化设计；研究轴承滚动体凸度形状和轴承寿命的关系；主轴承受力分析理论研究，模拟主轴承在实际

使用条件下的运转情况，确定轴承强度、寿命和可靠性是否满足要求；轴承套圈、滚动体和保持架材料及其应用研究；轴承零件的热处理技术研究；大型齿圈淬火工艺及变形控制技术研究等。

4. 技术推广目标

1）滚动轴承基础理论咨询。

2）滚动轴承寿命理论、设计技术等咨询。

3）滚动轴承寿命、可靠性试验。

4）滚动轴承动态性能检验、尺寸精度及旋转精度检验、滚动轴承相关理化检验。

5）滚动轴承疲劳失效分析服务。

6）科研成果向行业转化推广。

7）形成我国轴承行业人才培养培训基地，对轴承行业进行专业技术人员的培训。

8）与国外科技型企业和科技公司进行合作，在行业内开展产学研联合。

5. 人才培养目标

中心的人才培养将采取与高校联合培养的形式，以研究课题项目为主要内容的工程硕士的培养，每年培养工程硕士约 10 人。本科以上学历达到 80% 以上，拥有副高级以上专业技术职称达到 30%；每年充实硕士生 5 ～ 8 人，到 2011 年，硕士生达到 50 人以上。

强化中心研发人才队伍建设。中心的工程技术人员外语达到大学四级以上水平，能够借助工具书查阅、翻译外文科技资料。产品设计、工艺设计、机械设计人员熟练使用 Pro/E 等设计软件进行三维设计；培养产品设计、工艺设计、试验检测等方面行业内的知名技术专家 10 人；评聘为技术主导岗位的要精通机械加工装备、工艺、产品设计和检测原理，具备独立承担重大技术课题、解决研发设计难题和项目攻关的能力；产品设计和工艺设计人员达到一体化。

6. 效益目标

1）开发大型轴承新产品收入 3 000 万元。

2）对行业的检测试验收入 900 万元。

3）承担行业共性技术研究以及专项技术课题项目收入 1 500 万元。

4）承担依托单位技术开发项目收入 2 100 万元。

5）行业人才培训收入 100 万元。

附件 G　国家轴承技术研究中心项目可行性研究报告㊀

一、组建国家轴承技术研究中心（以下简称技术研究中心）的目的和意义

1. 技术研究中心在轴承行业发展中的地位和作用

轴承是现代机器不可缺少的支承部件，广泛应用于机床、车辆（汽车、火车等）、工程机械、农业机械、矿山机械，石油、冶金、建筑、化工、水利、电力等机械产品，以及仪器仪表、家用电器、计算机、航空、航天、航海、军工等领域，被誉为机器的“关节”。轴承质量直接影响所配套的各种主机和装备的性能和水平，进而影响到整个机械工业的水平。

我国轴承工业经过几十年的发展，取得了举世瞩目的成就。

1）已形成了较完整的生产体系。到“十一五”末已累计生产轴承品种规格 7 万种。销售收入 500 万元以上规模的企业共 1 850 余家，国家级科研院所 2 个，为轴承行业培养高级专门人才的高等院校 1 所。行业职工人数 39 万，其中技术人员 1.8 万，拥有总资产 426.76 亿元，主要生产设备 9 万多台。近年来，我国轴承行业持续、稳定、快速发展，已形成了较大的生产规模。2010 年全行业生产各类轴承 150 亿套，实现销售收入 1 260 亿元，轴承出口 42 亿套，创汇 31 亿美元。轴承产量和销售收入居世界第三位。

2）为主机和重大技术装备的配套能力明显增强。我国生产的轴承产品已基本满足铁路、汽车、冶金、矿山、电机、精密机床、石油钻机、重型机械、水利枢纽工程以及家用电器等领域的需要。

3）为我国国防建设和发展高新技术提供了一批高质量的专用轴承产品。我国已可生产多种规格和用途的专用轴承。为我国高技术和军工产品配套的典型轴承有：“东方红 2 号”、“东方红 3 号”通信卫星用超低温高速轴承、消旋天线轴承、“巨浪”导弹用陀螺电动机轴承、“东风 5 号”弹用高速耐腐蚀反作用飞轮轴承等；“直 8”、“直 9”、“歼 7”等飞机轴承；与 704 雷达，052、053 舰、“八•五”主战坦克、“长三甲”运载火箭、“神舟”系列载人飞船、921 和 109 工程等配套的轴承。

通过建立技术研究中心，可以提升整个轴承行业的技术创新水平，并强化轴

㊀ 摘自洛阳轴承研究所 2011 年《国家轴承技术研究中心项目可行性研究报告》。

承行业的技术创新能力，提升精密滚动轴承的市场竞争力，为“十二五”期间壮大中国工业和高新技术实力，为国民经济发展做出应有的贡献。同时，可以促进国内轴承行业提供性价比非常高的精密轴承产品，对打破西方国家对我们的技术封锁和市场垄断具有深远的意义。

2. 组建本技术研究中心的必要性

洛阳轴研科技股份有限公司在轴承研究、开发和设计方面优势明显。特别在洛阳市拥有全国轴承行业仅有的 2 个国家科研院所，即洛阳轴研科技股份有限公司和中机十院国际工程有限公司，全国唯一设有轴承专业的大学——河南科技大学，以及全国三大轴承企业之一——洛阳 LYC 轴承有限公司。这些单位过去都隶属于原机械工业部，一直进行多方位的产学研合作。从全国看，轴承企业几千家，各自为战，多数企业建设大型研究、试验条件不现实，如风电轴承试验条件等。如果整合我国轴承行业的力量，成立“国家轴承技术研究中心”，就可进一步汇聚各方的优势，开展轴承共性技术研究，加大轴承科技成果工程化和转化力度，将轴承技术研究中心办成轴承行业研发中心，轴承行业科技成果的中试基地，提高现有科技成果的成熟性、配套性和工程化水平，对轴承行业发挥巨大的辐射和带动作用。

3. 组建技术研究中心的可行性

技术研究中心依托单位为洛阳轴研科技股份有限公司，公司具有 50 多年的研发历史和技术积淀，具备承担国家和行业重大科技项目的能力，并已在科技研究和技术开发方面取得突出成绩，在国内同行业中具有较大的影响力。

依托洛阳轴研科技股份有限公司组建国家轴承技术研究中心是完全可行的。

1）公司具备基本的工程技术研究、试验条件和功能完善的基础设施，有国内一流的检测、分析手段和工艺装备。公司现有位于洛阳国家高新区的占地 120 000㎡ 的现代化产业基地。

2）公司具有承担国家和省级相关工程课题研究、开发的组织管理及实施的经验和能力。在国家“七五”至“十一五”五个 5 年计划中，公司连续承担了国家精密滚动轴承的科技攻关计划，“十一五”期间还承担了国家“十一五”科技支撑计划——高速、精密、重载轴承关键技术研究。

3）公司对技术研究中心有一套包括科技开发经费投入的制度管理体系，确保每年研发投入平均保持在销售额的 5% 以上。

综上所述，本中心所依托单位的技术研发实力、人力资源、软硬件条件等方面已具备承担国家轴承技术研究中心的条件。

4. 技术研究中心对行业进步的带动作用

本技术中心研究开发定位于立足国际化高度，以服务和促进国内轴承行业的科技进步为出发点。着力从工程技术领域缩小与国际先进水平的差距，开展轴承共性技术研究，提高轴承产业的核心竞争力，研发具有自主知识产权的高端轴承产品，打破国外同类产品在高端轴承领域的垄断地位，大力推进国家重点支持的高端轴承的产业化进程，推动国内轴承行业在高端轴承方面的技术进步和科技创新，彻底改变我国在高端轴承技术上受制于人的现状。

因此，在我国设立“国家轴承技术研究中心”，加大技术创新力度，整合全行业的力量，开展轴承共性技术研究，对于推进轴承工业持续、健康、稳定发展，带动轴承产业结构调整和升级，提高国民经济整体素质，增强我国经济的国际竞争力，吸纳劳动就业和扩大出口，保障国防安全等都具有重要而深远的意义。

二、国内外发展趋势及国内需求状况

1. 轴承行业国外技术现状与趋势

国外轴承产品向着高速度、高精度、高可靠性、长寿命、低摩擦、低振动、低噪声，以及单元化、智能化、功能部件化方向发展。

在轴承的设计理论方面，国外知名轴承企业广泛采用现代设计理论，如计算机辅助设计（CAD）技术，仿真技术（包括性能仿真、分析与设计仿真、制造和运动仿真等），优化设计，可靠性设计，健壮设计（RD）、有限元分析，静音、超静音设计，表面谐波控制技术等。

在轴承制造技术方面，国外知名轴承企业广泛采用先进制造技术（AMT），如计算机辅助工艺规程设计（CAPP）、计算机辅助制造（CAM）、虚拟制造技术（VM）、智能制造技术、并行工程、成组技术等。

在物料处理方法和设备技术方面包括加工自动化技术、柔性制造技术、少或无切削加工技术、超精密及纳米加工技术、超高速加工技术、检测自动化和在线质量控制技术，以及清洁生产技术等。国外轴承企业 AMT 的轴承制造系统已较普及，如柔性生产线（FML）和柔性工作单元（FMC）等。

2. 我国轴承技术发展水平及其与国外的差距

目前，从轴承生产总量和生产体系看，我国已成为仅次于日本和瑞典的世界第三大轴承生产大国。但从自主创新能力、产品开发能力，产品质量水平和生产制造水平来看，我国与主要轴承生产国还存在较大的差距，还不是轴承制造强国。

主要差距表现为：

1）自主创新能力低，科研水平低，成果转化率低，产品的性能和可靠性有待提高。

“十五”期间，轴承行业由国家投入科研经费 4 000 多万元，各轴承企业也加大了技术攻关投入。对长期制约为国内主机配套和扩大出口的微小型深沟球轴承的振动噪声和密封性能问题进行了重点攻关，取得了显著效果。在此基础上，又组织了滚子轴承减振降噪和提高轴承寿命和可靠性技术攻关。为解决国家重点军工、航空航天等亟待解决的问题，进行专项研究，如开展了航空发动机主轴轴承可靠性研究，XY－20 工程专用轴承研究，大推力火箭发动机低温高效轴承研究，轴承固体润滑技术研究，轴承精密辗扩与磨削超精成套设备开发，高速精密陶瓷轴承批量制造技术开发，内装式电主轴单元工程化开发研究，高速数控车床主轴单元研制，高速机床用陶瓷轴承动态性能研究等项目。“十一五”期间，在国家支持和企业进一步加大技术研发投入，开展了风力发电机轴承的开发研制，提高航空发动机主轴轴承寿命研究，汽车交流发电机轴承的开发研制，卫星动量轮用轴承组件技术研究，第三代轿车轮毂轴承延寿关键技术研究，高速精密重载轴承关键技术研究及盾构机主轴轴承开发研究等课题研究。这些成果为我国开发和生产高、精、尖轴承产品奠定了一定的技术基础，也为进一步满足我国高科技产业和国防工业的发展需求，以及为国内主机配套和扩大出口创造了有利条件。

然而，与世界轴承强国相比还存在较大的差距。全行业存在“两弱两少”的问题，即基础理论研究弱，参与国际标准制定力度弱；少原创技术，少专利产品。设计和制造技术基本是模仿，几十年一贯制。在设计、制造、材料、润滑、检测及试验等综合技术方面与国外均有差距。其中制造、材料和润滑技术是关键。

目前我国国家级轴承科研院所仅有 2 个，即洛阳轴研科技股份有限公司和中机十院国际工程有限公司，设置轴承专业的大学只有河南科技大学。尽管全行业有技术人员 1.8 万名，但高层次人才短缺。同时，科技成果转化为生产力的比率仅为 1/4 左右。加之技术、资金、政策等多方面的原因，行业新产品开发能力不强，技术落后。如轿车轮毂轴承国外已进入第三代产品使用阶段，我国轿车轴承进入大量使用的主要为第一代产品、第二代产品，第三代才开始生产，且多为仿制。铁路客车轴承允许的行车速度为 160 ～ 200km/h，计算寿命为 350 万 km。国外先进水平为：速度 250 ～ 380km/h，计算寿命 380 万～ 500 万 km。因此，我国高速铁路客车、中高档数控机床和加工中心、中高档轿车、计算机、空调器、高

速精密冶金轧机等重要主机的配套和维修轴承，基本上依靠进口。

在轴承的寿命、可靠性和异音等方面也与国外有较大差距。在振动噪声和异音方面，日本已推出所谓的“静音”及“超静音”轴承，而国产轴承的振动（加速度）水平一般要相差 10dB 以上。计算机以及家用电器用低噪声密封球轴承等，由于我国同类产品存在异音问题，每年进口量有逐年攀升的趋势。大型轧钢设备配套轴承品种，满足率仅达 85% 左右。在尺寸公差、旋转精度方面，日本已致力于研究“不可重复跳动”的精细指标；FAG 在 10 年前就已制造出“不可重复跳动”小于 1μm 的大型望远镜轴承，而我国轴承行业在此方面的质量控制还是空白。另外，还存在尺寸偏差的离散度比较大的问题。在寿命、可靠性方面，以深沟球轴承为例，国外名牌产品的寿命一般为计算寿命的 8 倍以上（最高可达 30 倍），可靠度为 98%（或追求与主机等寿命），而国产轴承一般仅为 3 ～ 5 倍，可靠度为 96% 左右。

2）产品开发能力低，品种少，质量不稳定，不能完全满足重点主机配套需求。

世界著名轴承公司科研和产品开发能力都很强。如 SKF、NSK、NTN、FAG 等公司，经常推出自己特色的产品，能根据用户的需求，先于主机投入制造之前提出满足主机要求的新产品。

根据国家监督抽查和行业质量督促检查结果显示，国产轴承的平均合格率仅为 67.12%，低于全国各类产品的平均合格率（75% ～ 80%）水平。国产歼击机发动机主轴轴承寿命与发达国家的有很大差距。

3）工艺装备落后，产品制造技术水平低。

轴承行业基础差，底子薄，设备陈旧，工艺落后，制造水平低。“八五”～“十五”期间经过局部技术改造，工艺装备水平虽有所改善，但仍无根本改观。近年统计，全行业固定资产新度系数为 62% 左右，主要设备完好率约为 90%。

而国外工业发达国家对批量较大的标准轴承，一般都采用高精度、高自动化设备加工制造；对大批量的产品则组建自动生产线、自动化车间乃至自动化工厂进行生产；轴承毛坯一般采用高速镦锻机，多工位压力机和冷辗扩机生产；车加工采用多轴自动车床，高效自动单能车床连线等；热处理多采用可控气氛热处理生产线，有的已经采用激光淬火技术；磨加工多采用高精、高速、高效自动磨床，内圆磨床切削速度达到 60 ～ 80m/s，外圆磨床磨切削速度达到 80 ～ 120m/s，批量生产常采用磨削 - 超精研自动生产线；后工序一般采用自动装配生产线。一些先进的加工、检测技术，例如自适应磨削技术、在线测量技术、故障自动诊断技术、仿真试验技术等，已得到广泛应用。

由于我国轴承工业存在这些差距，因此，在国际轴承市场上，我国轴承产品的市场竞争能力差，难以与国外实力雄厚的轴承公司相抗衡。

3. 本技术领域的成果及分布状况

洛阳轴研科技股份有限公司在轴承研究、开发和设计方面优势明显。

目前全国轴承行业有国家科研院所 2 个，地方研究所 3 个。其中国家级科研院都在河南，即洛阳轴研科技股份有限公司和中机十院国际工程有限公司，河南还有全国唯一设有轴承专业的大学——河南科技大学，全国三大轴承企业之一——洛阳 LYC 轴承有限公司。

“十五”期间，轴承行业由国家投入科研经费共计 4 000 多万元，进行重点攻关，解决国家重点工程、军工、航空航天等亟待解决的问题，如航空发动机主轴轴承可靠性研究，XY － 20 工程专用轴承研究，大推力火箭发动机低温高效轴承研究，固体润滑技术及轴承研究，轴承精密辗扩与磨削超精成套设备开发，高速精密陶瓷轴承批量制造技术开发，内装式电主轴单元工程化研究，高速数控车床主轴单元研制，轴承降噪研究项目和高速机床用陶瓷轴承动态性能研究等项目。“十一五”期间，在国家支持和企业进一步加大技术研发投入，开展了风力发电机轴承的开发研制、提高航空发动机主轴轴承寿命研究、汽车交流发电机轴承的开发研制、卫星动量轮用轴承组件技术研究、第三代轿车轮毂轴承延寿关键技术研究、高速精密重载轴承关键技术研究及盾构机主轴轴承开发研究等课题研究，这些成果成为我国开发和生产高、精、尖轴承产品奠定了技术基础，也为进一步满足我国高科技产业和国防工业的发展需求，创造了有利条件。

三、依托单位已具备的基本条件

1. 基本情况

依托单位洛阳轴研科技股份有限公司创建于 1958 年，是我国轴承行业唯一部属国家一类大型科研所，轴承行业技术研究、开发、咨询和服务中心。1999 年，根据国家关于科研机构管理体制改革的要求，洛阳轴研科技股份有限公司进入中国机械工业（集团）公司，由事业单位转制为科技型企业。公司是国家知识产权试点先进单位、示范单位、河南省高新技术企业、国家知识产权优势培育企业、河南省专利申请 20 强企业。

洛阳轴研科技股份有限公司经过 50 多年的发展，目前已建设成为拥有近 1 000 名职工，总资产 8.66 亿元的国家一类大型科研院所。主要从事滚动轴承基础理论、

产品设计、工艺装备、精密仪器、材料工程、精密检测、试验技术及信息标准等综合技术的研究与开发，并承担高速精密轴承、特种轴承、轴承专用检测仪器、轴承磨削及数控机床用电主轴等产品的批量试制和规模化生产。国家轴承质量监督检验中心、全国滚动轴承标准化技术委员会、中国轴承工业协会技术委员会和国内核心期刊《轴承》杂志社均挂靠在洛阳轴研科技股份有限公司。公司曾两次被原国家计划委员会、原国防科学技术委员会、原国家科学技术委员会和原国家经济贸易委员会评为“国防军工协作配套先进单位”。

公司科研开发、生产占地500余亩（1亩＝666.6m^2），现有50 000m^{2}的现代化厂房，其中18 000m^{2}用于精密轴承的产业化生产，配有恒温的精密加工车间和高标准的成品检验及装配间，同时新增了一批具有国内外先进水平的加工设备和仪器。

公司科研人员381人，中高级以上职称278人。2010年企业总收入5.38亿元，利润总额4 760万元。试验与研究发展经费支出4 358万元，占企业总收入的8.19%，高新技术产品收入占总销售收入的61.5%，2010年全年专利申请量74项，其中发明专利35项。公司是中国轴承技术创新的龙头、高新技术产业化的重要基地。

公司确立了“内外求精为客户，动静求稳报国家”的质量方针和“顾客满意度每年提高1%，顾客投诉率比上年下降5%”的质量目标，建立了严格的质量保证体系，先后通过了出口产品质量许可认证、军工产品质量保证体系验收和ISO9001:1994质量管理体系认证，ISO9001:2000版的升级认证。公司研制开发、生产均符合国家环保标准。

目前，特种精密轴承占企业经营比例的60%，国内市场占有率为30%，技术水平国内领先，拥有自主知识产权；电主轴占企业经营比例的10%，国内市场占有率为20%，技术水平国内领先，拥有自主知识产权；轴承专用设备及仪器占企业经营比例的13%，国内市场占有率为10%，技术水平国内领先，拥有自主知识产权。

2. 科研成果

50多年来，洛阳轴研科技股份有限公司累计取得重大科技成果846项，其中获国家级奖励31项，省部级奖励214项，国家级新产品5项，河南省高新技术产品4项，申请专利326件，产学研合作20余项，连续6年荣获河南省专利申请二十强称号，被河南省知识产权局等部门授予首批“知识产权优势企业”。公司2006年荣获全国第二批企事业专利先进单位，2007年被国家知识产权部门批准授予“全国企事业知识产权示范创建单位”。2005年为“神舟”飞船配套研制了22种轴承，2007年为“嫦娥一号”卫星五大系统研制了多种配套关键轴承，为实现中国首次探月再建功勋。近十年来已取得的部分科研成果见表1，在研项目情况见表2。

表 1　近十年来已取得的部分科研成果

序号	获奖项目名称	成果名称及等级	取得时间
1	高速精密陶瓷球轴承批量制造技术开发	中国机械工业科学技术进步 3 等奖	2002 年
2	内装式电主轴单元的工程化开发及研究	河南省科学技术进步 3 等奖	2002 年
3	深沟球轴承降噪技术研究及产业化工程	中国机械工业科学技术进步 2 等奖	2003 年
4	轴承精密辗扩与磨削超精成套装备	河南省科学技术进步 1 等奖	2004 年
5	XDS24、CP08 高速主轴单元的研究开发与应用	中国机械工业科学技术进步 3 等奖	2004 年
6	航空发动机主轴轴承修理规范	河南省国防科技进步 2 等奖	2004 年
7	轿车轴承试验技术研究	中国机械工业科学技术进步 3 等奖	2004 年
8	固体润滑技术及轴承的研究	中国机械工业集团科技进步 2 等奖	2005 年
9	高精度成对角接触球轴承的研制	中国机械工业集团科技进步 2 等奖	2005 年
10	新型环保汽车空调器关键轴承及相关技术研究	中国机械工业科学技术进步 2 等奖	2005 年
11	轴承降噪研究	中国机械工业科学技术进步 3 等奖	2005 年
12	高精度长寿命轴承的研制	河南省国防科技进步 1 等奖	2006 年
13	长寿命、高精度轴连轴承组件研制	河南省国防科技进步 2 等奖	2006 年
14	智能型轴承振动分析仪	中国机械工业科学技术进步 2 等奖	2006 年
15	精品球轴承磨削技术及磨床研究开发	中国机械工业集团科技进步 2 等奖	2006 年
16	自寻北轴承开发研制	中国机械工业集团科技进步 3 等奖	2006 年
17	高速离心机用电主轴开发研制	洛阳市科学技术进步 2 等奖	2006 年

（续）

序号	获奖项目名称	成果名称及等级	取得时间
18	大中型风力发电机组关键轴承的开发研制	洛阳市科学技术进步 1 等奖	2007 年
19	汽车轴承辗扩技术及装备研究	洛阳市科学技术进步 2 等奖	2007 年
20	提高航空发动机主轴轴承寿命研究	中国机械工业科学技术奖 1 等奖	2008 年
21	表面形貌测量仪	中国机械工业科学技术奖 2 等奖	2008 年
22	滚动轴承失效模式的研究及其数据库的建立	中国机械工业科学技术奖 2 等奖	2008 年
23	汽车交流发电机轴承的开发研制	中国机械工业科学技术奖 3 等奖	2008 年
24	浮动瓦止推轴承的研究与开发	中国机械工业科学技术奖 3 等奖	2008 年
25	汽车变速器轴承特殊热处理工艺的研究	中国机械工业科学技术奖 3 等奖	2008 年
26	卫星动量轮用高精度、长寿命轴承组件技术研究	中国机械工业科学技术奖 1 等奖	2009 年
27	航空发动机轴系轴承试验器研制及相关技术的研究	中国机械工业科学技术奖 2 等奖	2009 年
28	提高主轴轴承寿命的材料及热处理技术应用研究	中国机械工业科学技术奖 2 等奖	2009 年
29	抗磁轴承特种磨削技术研究	中国机械工业科学技术奖 3 等奖	2009 年
30	微型偏置动量轮的研制	中国机械工业集团科技奖 1 等奖	2009 年
31	高速离心机用电主轴系列产品开发与应用	中国机械工业集团科技奖 3 等奖	2009 年
32	实践六号卫星偏置动量轮的研制	河南省科技进步奖 2 等奖	2009 年
33	高精度薄壁轴承的技术研究	中国机械工业科学技术奖 2 等奖	2010 年
34	第三代轿车轮毂轴承延寿关键技术研究	中国机械工业集团科技奖 3 等奖	2010 年
35	数控机床及加工中心用转台轴承的开发研制	河南省工业信息化厅 科技成果 2 等奖	2010 年

表 2　在研项目情况

序号	项目名称	项目来源	项目起止时间
1	卫星动量轮用高精度长寿命轴承组件技术的研究	原国防科学技术委员会	2006.10 ～ 2010.12
2	新型、高效、高速、精密数控机床电主轴及驱动装置	国家重大专项	2009.3 ～ 2012.12
3	高速、精密、大功率电主轴的可靠性设计与性能试验技术	国家重大专项	2010.6 ～ 2012.12
4	直升机用斜撑式超越离合器开发研制及产业化	国家院所专项	2010.1 ～ 2012.12
5	高速铁路和城市轨道交通车辆轴承关键技术研究与应用	“十二五”科技支撑计划	2011.1 ～ 2013.12

3. 科研队伍情况

公司具有优秀的科研、制造人力资源，在职职工总数 808 人，科技人员数 381 人，占职工总数比例为 47.2%，其中中高级以上职称专业技术人员 278 人，占职工总数的 34.4%。

4. 科研条件平台建设

洛阳轴研科技股份有限公司拥有机械工业高速精密轴承工程研究中心，为加快科技成果产业化进程，相继在洛阳高新技术开发区涧西科技园购置 370 亩地，用于高新技术产品的成果转化，其中 18 000m^2 用于精密轴承的产业化生产，配有恒温的精密加工车间和高标准的成品检验及装配间，同时新增了一批具有国内外先进水平的加工设备和仪器。为加强公司技术创新能力发展，提高公司产品竞争力，公司拥有核心关键试验仪器设备 41 台，价值 5 000 多万元。为加大科研开发力度，增强企业主导产品优势，公司于 2007 年 6 月组建了河南省机床主轴工程技术研究中心，中心有近 4 500m^2 的中试基地，拥有大中型各类加工设备百余台套，拥有近 50m^2 的气静压轴承电主轴试验室，拥有近百平方米的净化恒温主轴装配间，中试车间在精密磨削、高精度动平衡、高精度检测等方面配备了国内外领先的精密设备。2010 年，公司组建了河南省高性能轴承重点实验室。

5. 主要合作单位情况

洛阳轴研科技股份有限公司为优化产品结构，提升公司整体自主创新能力，

加大了产学研合作联盟力度，全面与合肥工业大学、河南科技大学、清华大学、西安交通大学及重庆大学等国内著名大学开展技术交流和合作。随着轴承行业“十二五”规划的实施，公司与国内哈轴、瓦轴、洛轴三大轴承企业及浙江万向集团、浙江天马、人本集团等民营企业开展联合技术攻关，力争提升轴承工业整体技术水平。

四、技术研究中心的主要目标和任务

1. 总体目标

根据国民经济和社会发展的需要，开展轴承行业共性技术研究，以依托单位和上游单位的科技成果为基础，及时将轴承领域具有应用前景的科研成果进行系统的工程化研究和开发，提高科技成果的成熟性、实用性、配套性以及工程化技术水平，持续地向行业提供成熟的、配套的、适应规模化生产的工艺技术和装备技术，并以促进轴承行业科技进步和发展为己任，以国内外两个市场为导向，不断提高轴承行业研究开发与创新、技术集成和工程化试验的能力，注重对行业引进技术装备的消化、吸收和创新，缩小与国外精密轴承先进水平的差距，在研究与开发中，培养造就高素质的科研、工程技术和管理人才，努力实现技术研究中心自身的人才、技术和经济的良性循环，在技术上接近和达到国际先进水平。面向全行业，实行有偿服务。

2. 近期目标

对轴承行业共性技术开展研究，对高端轴承开展工程化研究，进行技术集成、系统化，为行业提供成熟的、配套的工艺技术、装备技术，产品水平达国内领先、接近国际先进水平。在工程化研究与开发中，培养造就一批在轴承领域高素质的科研、工程技术和管理人才。加强与清华大学、西安交通大学、合肥工业大学及河南科技大学等高校的合作，积极开展与德国 FAG、日本 NSK、NTN 等世界著名轴承公司技术交流与合作，组建以高端轴承技术为核心的工程化验证基地。

对国内重点主机关键配套轴承进行开发研制，如数控机床关键配套轴承、盾构机主轴承、高速铁路客车轴承、风力发电机组轴承、大型薄板冷热连轧设备轴承等项目开展研究。

对轴承设计、制造技术进行研究，开展有限元分析软件二次开发、仿真设计研究及新一代 CAD/CAPP/PDM 的研发，进行轴承结构优化设计、特殊工艺研究等。

开展轴承试验技术研究，尤其是大型和特大型轴承工业试验。研发试验装备，

进行风电轴承、高速铁路轴承、数控机床轴承的试验研究。

3. 远期目标

将轴承技术研究中心建成具有国际竞争力的工程化研究和开发实体，既可承担国内外两个市场需要的高水平研究项目，又可为我国轴承行业持续不断地提供工程化的共性技术、关键技术，以及成熟的、配套的、适应规模化生产的工艺技术和装备技术，形成自我发展良性循环的运行机制，成为我国高端轴承科技成果系统集成和工程化验证的基地。

4. 主要任务

（1）提高科研和创新能力　对国内重点主机关键配套轴承进行开发研制，如数控机床关键配套轴承、盾构机主轴承、高速铁路客车轴承、风力发电机组轴承及大型薄板冷热连轧设备轴承等项目开展研究，力争年开发 10 ～ 15 种新产品。

（2）科研成果转化及转让　轴承技术研究中心的目的就是将具有应用前景的科研成果进行系统的工程化研究和开发，提高科技成果的成熟性、实用性、配套性以及工程化技术水平，持续地向行业提供成熟的、配套的、适应规模化生产的工艺技术和装备技术，因此科研成果转化强度及转让取得的效益将非常明显。

（3）人才队伍建设　在共性技术研究、工程化研究与开发中，培养造就一批在高端轴承领域高素质的科研、工程技术和管理人才。

（4）交流与合作　加强与清华大学、西安交通大学、合肥工业大学及河南科技大学等高校的合作，积极开展与德国 FAG，日本 NSK 和 NTN 等世界著名轴承公司技术交流与合作。扩大技术研究中心在国内外的影响，建立有利于吸收其他单位参与技术研究的新机制，确保先进、适用的科技成果能够及时顺畅地在技术研究中心得到转化，并向其他企业辐射。

五、技术研究中心的总体设计和结构布局

1. 中心的运行机制

技术研究中心采用管理委员会制，下设工程技术委员会，由高校、相关企业等有关人员组成董事会，实行董事会领导下的主任负责制，董事长是技术研究中心的法定代表人。技术研究中心主任由依托单位提名，董事会批准聘任。

技术研究中心是由依托单位，相关单位组成的科研开发实体，业务独立，在经济上实行独立核算、自负盈亏、有偿服务及自我发展的运行机制。

技术研究中心要成为科技成果的聚集地，工程化成果的扩散源。技术研究中

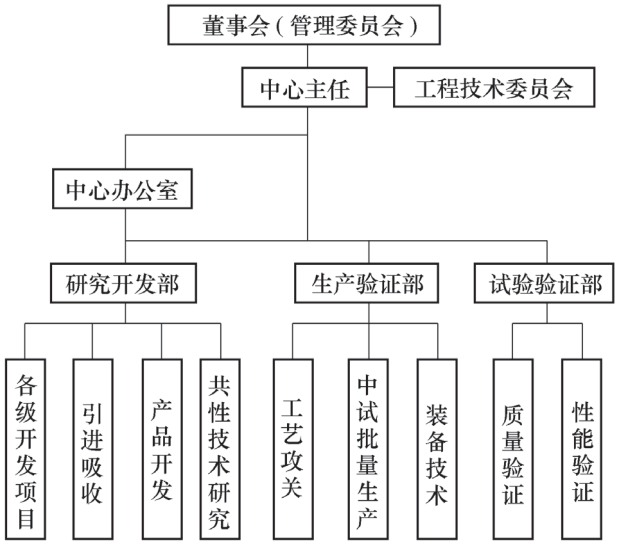
心在研发过程中，要组织相关技术专家把来自依托单位、高校、研究院所、企业及国外的科技成果加以消化吸收，进行工程化开发再创新和技术集成，再扩散到企业中去，将采取灵活多样的形式，吸收上述单位的科技成果到技术研究中心验证并推广，形成技术开发与应用上的良性循环。

技术研究中心工作人员实行聘任制和合同制，其主要人员来自依托单位，并邀请国外专家来中心开展工作，吸收国外留学人员参加中心工作。技术研究中心人员拟定 40 人左右，另外还要有相当比例的流动客座研究人员，以确保技术研究中心科技工作的广泛性和高水平。同时制定科技人员激励机制，保障技术研究中心的科技人员总收入是依托单位平均收入的 1.4 倍。

技术研究中心工程技术委员会在董事会领导下负责计划审议、方案评价、工程项目研究、开发及咨询等项工作。将根据中心组建进展情况，逐步聘请国内轴承行业科技界和企业界的知名人士，以及依托单位主要工程技术骨干担任工程技术委员会委员。

2. 机构设置（机构框图）

技术研究机构设置如下：



六、组建项目的实施方案

1. 实施方案概述

立项批准后，工作组立即按可行性研究报告及政府主管部门的有关规定开展

工作。

1）编制中心认定工作计划上报批复分步实施。

2）确定中心机构及协作单位，由中心管理机构统一部署工作。

3）开展中心建设，科研开发及技术转让、中试生产等项工作，做好学术活动，人才配置，项目评估，加强中心基础管理。

4）加强和主管部门的沟通，认真执行有关规定。

5）建立中心机构配置先进装备，实现多出成果和取得良好效益，接受政府检查验收。

2. 规划和计划

国家轴承技术研究中心，贯彻以新产品研制开发为重点，产业化前期技术并重的原则，其中产品开发包括数控机床精密轴承、高速铁路客车轴承、轿车轮毂轴承、盾构机主轴承、风力发电机组轴承及大型薄板冷热连轧设备轴承等其他专用精密轴承新产品的开发。

附件 H　全国轴承行业轴承主营业务收入前 40 名企业

全国轴承行业轴承主营业务收入前 40 名企业见下表。

序号	企业名称	2005 年		2010 年	
		主营业务收入 / 万元	轴承业务收入 / 万元	主营业务收入 / 万元	轴承业务收入 / 万元
1	瓦房店轴承集团有限责任公司	327 838	264 900	617 715.00	523 587.00
2	万向钱潮股份有限公司	286 264	170 993	783 379.00	495 335.75
3	人本集团有限公司	330 048	142 535	741 674.00	422 754.00
4	洛阳 LYC 轴承有限公司	162 024	122 082	623 167.13	344 008.47
5	天马控股集团有限公司	110 265	70 981	431 805.41	253 843.70
6	哈尔滨轴承集团公司	187 355	108 824	197 641.00	123 882.00
7	上海集优机械股份有限公司	10 535.8	10 071.7	342 130.91	115 154.40

（续）

序号	企业名称	2005 年		2010 年	
		主营业务收入 / 万元	轴承业务收入 / 万元	主营业务收入 / 万元	轴承业务收入 / 万元
8	浙江五洲新春集团有限公司	50 532	48 741	137 960.09	109 893.00
9	大连冶金轴承集团有限公司	50 780	50 780	87 023.00	87 023.00
10	重庆长江轴承股份有限公司	31 003	31 003	93 048.00	82 447.00
11	襄阳汽车轴承股份有限公司	24 050	21 818	78 235.00	71 946.00
12	宁波摩士集团股份有限公司	64 594	44 731	72 670.00	68 262.00
13	山东东阿钢球集团有限公司	45 522	45 522	66 268.20	66 268.20
14	甘肃海林中科科技股份有限公司	35 759	35 759	65 811.00	65 811.00
15	江苏力星通用钢球股份有限公司	41 369	41 369	65 256.00	65 256.00
16	江苏迪邦三星轴承有限公司			63 678.59	63 678.59
17	宁波更大集团有限公司	26 655	26 655	59 151.93	59 151.93
18	环驰轴承集团有限公司	23 921	23 921	58 261.26	58 261.26
19	慈兴集团有限公司	36 179	36 179	56 670.11	55 037.93
20	常州光洋轴承股份有限公司	11 359.36	11 359.36	54 297.30	53 615.00
21	福建龙溪轴承股份有限公司	45 731	32 874	65 472.10	49 399.90
22	天胜轴承集团公司	49 731	44 298	57 586.50	48 962.90
23	临沂开元轴承有限公司	20 320	20 320	41 560.00	41 560.00
24	浙江鼎利控股集团有限公司	25 872	20 387	45 961.00	39 392.00
25	浙江福达轴承有限公司	26 191	25 662	41 892.70	38 123.44
26	西北轴承股份有限公司	48 660	48 660	38 959.00	35 858.00
27	浙江四通轴承集团			85 917.00	35 088.00

（续）

序号	企业名称	2005 年		2010 年	
		主营业务收入 / 万元	轴承业务收入 / 万元	主营业务收入 / 万元	轴承业务收入 / 万元
28	洛阳轴研科技股份有限公司	16 623	13 843.3	52 671.00	34 401.00
29	泛科轴承集团有限公司（福建南安）	15 260	15 260	34 100.90	34 100.90
30	山东华泰轴承制造有限公司	20 030	20 030	33 733.00	33 733.00
31	常熟长城轴承有限公司	14 222	13 959	32 599.00	32 599.00
32	无锡华洋滚动轴承有限公司			35 239.00	31 773.00
33	阜阳轴承有限公司	16 266	16 266	23 737.50	23 737.50
34	宁波金鹏轴承有限公司			22 013.50	22 013.50
35	东莞市 TR 轴承有限公司	16 955	16 955	21 809.60	21 809.60
36	洛阳市洛凌汽车轴承有限公司	19 297	19 297	21 512.00	21 512.00
37	瓦房店冶金轴承集团有限公司			20 177.36	20 177.36
38	张家港市 AAA 轴承有限公司	25 263	21 684	25 266.00	19 437.00
39	河北鑫泰轴承锻造有限公司	5 124.3	5 124.3	18 057.70	18 057.70
40	瓦房店光阳轴承集团有限公司	11 403	11 403	17 650.00	17 650.00

注：摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

附件Ⅰ “十一五”期间我国轴承进出口贸易情况㈠

“十一五”期间轴承产品进出口额见表 1，“十一五”期间出口轴承产品构成见表 2，“十一五”期间进口轴承产品构成见表 3，“十一五”期间我国轴承出口十大市场见表 4，“十一五”期间我国轴承进口十大市场见表 5。

㈠ 摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

表 1　“十一五”期间轴承产品进出口额

年份	出口数量 / 万套	出口金额 / 万美元	进口数量 / 万套	进口金额 / 万美元
2006	284 674.52	164 828.48	169 211.20	169 832.24
2007	329 850.41	215 083.59	159 115.76	215 491.88
2008	338 933.77	296 955.83	157 917.96	269 346.18
2009	269 807.00	201 823.20	136 938.30	283 428.10
2010	414 559.68	330 190.02	179 307.5	380 871.26
“十一五”五年合计	1 637 825.38	120 8881.12	802 490.72	1 318 969.66
“十一五”期间年均增长	10.52%	18.09%	1.30%	22.87%

表 2　“十一五”期间出口轴承产品构成

轴承类别	出口数量 / 万套	占总数比（%）	创汇金额 / 万美元	占总金额比（%）
球轴承	1 431 545.34	87.41	573 788.24	47.46
圆锥滚子轴承	65 971.52	4.03	142 800.55	11.81
球面滚子轴承	2 561.75	0.16	60 766.94	5.03
滚针轴承	101 948.79	6.22	39 471.68	3.26
圆柱滚子轴承	4 078.53	0.25	29 461.12	2.43
其他滚动轴承	13 467.08	0.82	20 874.98	1.73
带座轴承	18 252.33	1.11	42 260.46	3.50
轴承散件			212 344.46	17.57
轴承滚动体			87 113.09	7.21
合计	1 637 825.34	100	1 208 881.52	100.00

表 3 “十一五”期间进口轴承产品构成

轴承类别	进口数量 / 万套	占总数比（%）	用汇金额 / 万美元	占总金额比（%）
球轴承	563 817.45	70.26	503 409.57	38.17
圆锥滚子轴承	3 342.74	0.42	99 619.54	7.56
球面滚子轴承	11 805.48	1.47	100 306.12	7.61
滚针轴承	59 041.77	7.36	45 797.13	3.47
圆柱滚子轴承	81 478.04	10.15	282 564.4	21.42
其他滚动轴承	80 649.94	10.05	83 527.18	6.33
带座轴承	2 353.31	0.29	26 037.43	1.97
轴承散件		0.00	136 566.30	10.35
轴承滚动体		0.00	41 142.22	3.12
合计	802 488.73	100.00	1 318 969.89	100.00

表 4 “十一五”期间我国轴承出口十大市场

（单位：万美元）

序号	国家或地区名称	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	“十一五”五年合计	占五年出口总额比
1	美国	26 484.90	31 026.14	42 730.30	25 706.78	45 696.56	171 644.68	18.80%
2	日本	14 852.26	16 848.4	23 502.70	15 791.09	25 465.05	96 459.50	10.58%
3	印度	6 446.97	9 748.18	12 764.00	14 002.37	23 534.27	66 495.79	7.29%
4	韩国	9 880.74	12 877.08	16 920.00	15 105.79	22 296.98	77 080.59	8.45%
5	德国	12 568.98	17 244.18	24 434.70	12 951.79	19 795.28	86 994.93	9.54%
6	意大利	9 486.45	13 087.21	18 045.20	8 639.85	17 272.71	66 531.42	7.29%
7	中国香港	8 579.48	9 417.59	10 056.80	11 108.09	15 838.72	55 000.68	6.03%
8	巴西	3 948.99	5 766.54	10 081.20	6 112.96	11 944.36	37 854.05	4.16%

（续）

序号	国家或地区名称	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	“十一五”五年合计	占五年出口总额比
9	法国	6 247.82	10 449.00	17 180.50	6 772.71	11 826.27	52 476.30	5.76%
10	新加坡	6 028.56	6 879.56	10 057.20	7 118.52	11 727.40	41 811.24	4.58%
十大市场合计		104 525.15	133 343.88	185 772.60	123 309.95	205 397.60	752 349.18	82.49%
占出口总额比		63.41%	40.40%	54.81%	61.10%	62.21%		

表 5　“十一五”期间我国轴承进口十大市场

（单位：万美元）

序号	国家名称	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	“十一五”五年合计	占五年出口总额比
1	日本	50 521.51	61 276.12	74 300.5	73 073.62	113 269.4	372 441.15	28.24%
2	德国	30 870.16	43 608.3	60 764	79 298.19	96 531.73	311 072.38	23.59%
3	泰国	13 572.1	17 127.5	17 196.5	13 810.42	19 578.07	81 284.59	6.16%
4	美国	11 384	14 060.39	16 735.3	16 049.61	19 409.79	77 639.09	5.88%
5	瑞典	8 826.96	12 813.36	18 082.6	15 273.82	17 509.78	72 506.52	5.50%
6	意大利	4 431.83	5 649.81	8 553.2	10 185.02	14 062.77	42 882.63	3.25%
7	韩国	7 222.51	7 865.51	9 127.8	9 177.93	13132.19	46 525.94	3.53%
8	法国	6 856.05	10 234.9	10 165.1	10 068.29	10 327.78	47 652.12	3.62%
9	罗马尼亚	1 873.96	2 187.64	3 380.9	6 238.85	10 327.52	24 008.87	1.82%
10	奥地利	1 957.7	2 937.67	5 271	8 109.35	9 751.41	28 027.13	2.12%
十大市场合计		137 516.78	177 761.2	223 576.9	241 285.1	323 900.44	1 104 040.42	83.71%
占进口总额比		80.98%	82.51%	83.03%	85.14%	85.04%		

附件 J 全国轴承产业集聚区发展情况㈠

全国轴承产业集聚区发展情况见下表。

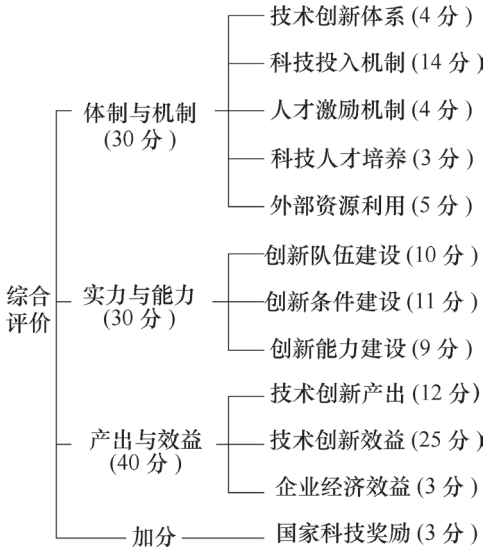
轴承产业集聚区名称	轴承产品特色	规模以上企业数	龙头轴承企业	2010 年规模以上轴承企业主要经济指标		
				销售收入 / 万元	工业增加值 / 万元	利润 / 万元
瓦房店轴承产业集聚区	产品主要为大型、特大型轴承。特色产品有冶金矿山轴承、风力发电机轴承、铁路货车轴承、石油机械轴承、精密机床轴承、水泥机械轴承和非标准轴承等	258	瓦轴、大冶轴、瓦光阳、瓦冶轴、瓦冶矿、远东等	2 320 000	790 000	138 000
洛阳轴承产业集聚区	产品主要为中型、大型、特大型轴承。特色产品有铁路货车轴承、铁路客车轴承、风力发电机轴承、精密机床轴承和电主轴、汽车轴承等	52	洛阳 LYC、洛阳轴研科技等	453 000	156 000	39 000
江苏轴承产业集聚区	产品主要为小型、中型轴承。特色产品有汽车轴承、纺织机械轴承、家电轴承及各种用途的滚针轴承、关节轴承	130	张家港 AAA、常熟长城、无锡华洋、无锡滚动、江苏南方、常州光洋、镇江精诚、江苏钱潮等	572 354	94 298	28 618
新昌轴承产业集聚区	产品主要为小型轴承、中型轴承。特色产品有汽车轴承、电机轴承、电动工具轴承、农机轴承、轴承锻件和轴承钢管等	103	五洲新春集团等	413 895	104 493	18 177
慈溪轴承产业集聚区	产品主要为微小型深沟球轴承，其中相当数量出口	145	慈兴集团、环驰集团、福达轴承、金鹏轴承、五环轴承等	531 015	149 114	33 176
聊城轴承产业集聚区	产品主要为保持架和通用轴承	180	聊城金帝、山东博特轴承、山东宇捷轴承等	380 000	95 000	40 000

㈠ 摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

附件 K　轴承生产企业技术创新体系和能力建设评价指标体系㊀

一、评价指标体系的结构

轴承生产能力建设评价指标体系如下：



1. 体制与机制（30 分）

（1）技术创新体系（4 分） 主要考察企业创新战略制定、执行和企业技术创新体系建设与运行情况。

（2）科技投入机制（14 分） 主要考察企业技术开发经费投入及增长情况。

（3）人才激励机制（4 分） 主要考察企业技术人员收入及科技人才流动情况。

（4）科技人才培养（3 分） 主要考察技术中心人员培训及参与国际技术交流的情况。

（5）外部资源利用（5 分） 主要考察产学研合作及利用国际技术资源情况。

2. 能力与实力（30 分）

（1）创新队伍建设（10 分） 主要考察企业专职技术开发人员、专家等技术

㊀ 摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

带头人情况。

（2）创新条件建设（11 分） 主要考察技术开发、中间试验等硬件条件及企业信息化建设情况。

（3）创新能力建设（9 分） 主要考察中长期项目研发投入和自主知识产权拥有情况。

3. 产出与效益（40 分）

（1）技术创新产出（12 分） 主要考察新产品、新技术、新工艺产出和专利产出情况及技术贸易收入和在技术标准的制定中的作用。

（2）技术创新效益（25 分） 主要考察新产品销售额和新产品利润额在对企业的贡献份额、出口创汇和主导产品的市场占有率情况。

（3）企业经济效益（3 分） 主要考察企业利润等综合经济效益的情况。

4．加分（3 分）

（1）加分（最多加 3 分） 对获得国家科技进步奖、自然科学奖和技术发明奖的企业加分。

二、评价指标表（见下表）

评价指标表

一级指标	二级指标	权重	三级指标	权重	基本要求
体制与机制	技术创新体系	4	企业技术创新战略指定与实施效果 企业技术创新体系建设与运行效果	2 2	较好 较好
	科技投入机制	14	企业技术开发经费支出额占产品销售收入的比例 技术开发经费支出占产品销售收入比例比上年增长	11 3	3% >0
	人才激励机制	4	技术中心年人均收入与企业年人均收入之比 技术中心人员最高年收入与中心人均年收入之比 技术中心科技人才引进人数与流出人数之比	2 1 1	>1.2 >1.5 1
	科技人才培养	3	技术中心国内外培训费占中心人员总收入比例 中心人员年海外技术交流人次与中心人数之比	2 1	>2% >2%
	外部资源利用	5	技术中心在海外建立开发设计机构情况 当年来中心从事开发工作的海内外专家数（人） 其中：海外专家数（人） 与高等学校、科研院所合办开发机构情况 其中：合办开发机构当年完成并应用的开发项目数 产学研项目经费占全部项目经费的比例	1 0.5 0.5 0.5 0.5 2	有 >20 >10 有 >2 >10%

（续）

一级指标	二级指标	权重	三级指标	权重	基本要求
实力与能力	创新队伍建设	10	专职技术开发人员占职工总数的比例 技术中心高中级人员占中心人数比例 技术中心专家（含博士）人数	4 3 3	>2% >40% >8
	创新条件建设	11	技术开发仪器设备原值（万元） 技术中心技术开发条件在行业中的地位 通过国家和国际组织认证的实验室情况 技术中心信息化建设与运行情况 开发项目是否有市场分析和可行性研究报告	4 1 2 2 2	>1 500 先进 有 较好 有
	创新能力建设	9	中长期项目经费支出占全部项目经费总支出的比例 是否拥有主导产品的关键技术知识产权 自主技术在主导产品中的比重	5 2 2	>10% 有 较大
产出与效益	技术创新产出	12	当年完成新产品新技术项目数 其中：国内领先以上水平项目数 当年授权专利数 其中：当年授权发明专利数 技术贸易收入（万元） 主持或参加制定的国际、国家、行业标准数	2 1 3 3 1 2	>10 >5 >5 ≥1 >100 ≥1
	技术创新效益	25	新产品销售收入占企业产品销售收入的比重 新产品利润占企业产品销售利润总额的比重 企业出口创汇额（万美元） 主导产品市场占有率	11 11 1 2	>12% >9% >300 >3%
	企业经济效益	3	当年企业利润总额（万元）	3	>1 000
加分	加 分	≤3	获国家自然科学、技术发明和科技进步奖情况	≤3	

附件L　全国轴承行业“十二五”轴承工艺装备发展指南㊀

一、原则

1）以立足国内，自主创新为主，同时鼓励对引进装备消化吸收再创新。

2）先进适用。

3）提高加工精度，提高加工效率，减轻劳动强度。

4）提高自动化程度，提高稳定性和可靠性。

㊀摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

5）节能降耗，有利于环境保护和员工职业健康。

6）鼓励用先进技术改造传统装备，同时逐步推广装备再制造技术。

二、锻造设备

1）完善带径向压紧轴向顶紧装置的自动精密下料生产线和预应力冷折下料生产线，提高设备稳定性。

2）开发160～800t多工位压力机热挤和温挤生产线以及配套的工艺模具技术。

3）开发 ϕ100～ϕ800mm高精度和高自动化水平的热辗扩机。

4）小型、中小型轴承套圈逐步推广高速镦锻工艺及设备。

5）进一步推广中频感应炉，开展新型燃油、煤气炉的开发研制工作，特别是陶瓷管型加热炉。

6）开发中小型噪声小、运行成本低的清理设备。

三、车辗设备

1）微型、小型、中小型轴承采用车加工自动生产线。全线采用可编程序控制器实现自动化操作，具有故障自诊断、自动报警、在线自动检测、气动机械提升、物流控制等功能。

2）中大型、大型轴承采用经济型轴承专用数控车床。

3）特大型轴承采用经过数控化改造的立式车床。

4）大型、特大型轴承采用车削、磨削复合工艺的专用机床。中小型和中大型轴承推广采用车辗生产线。开发圆锥滚子轴承套圈冷辗设备。积极推广毛坯直接辗扩工艺。

四、热处理设备

1）中小型轴承套圈大批量生产热处理装备采用无马弗托辊式可控气氛网带炉生产线，取代输送带炉、振底炉、箱式炉等落后炉型。

2）中大型、大型轴承套圈大批量生产热处理装备采用可控气氛辊底炉生产线和多用炉生产线。

3）特大型轴承套圈热处理装备采用可控气氛周期式热处理炉或加装微机碳势控制装置的井式炉。

4）开发可控气氛带硝盐马氏体淬火辊底炉生产线。

5）推广应用连续式可控气氛渗碳生产线。

6）开发汽车轮毂轴承高频淬回火自动生产线。

7）轴承滚动体大批量生产热处理装备采用滚筒炉生产线，取代鼓型炉生产线。

8）锻件退火采用推杆式和辊底式节能、少（无）氧化等温球化退火生产线。研发使碳化物细化并均匀分布，以及奥氏体晶粒细化的控锻控冷工艺及装备。

9）推广应用下贝氏体等温淬火工艺装备。

10）研制开发与可控气氛辊底炉、转底炉配套的自动模压淬火机床。

11）加大真空热处理装备的比例。

12）研制开发与网带炉、辊底炉生产线配套的变形自动分选机。

五、磨超及装配设备

1）大批量生产的微型、小型、中小型、中大型深沟球轴承，小型、中小型、中大型圆锥滚子轴承，小型、中小型、中大型圆柱滚子轴承套圈滚道磨超加工，向高效高精度数控机床自动生产线方向发展。

2）研发小批量或中等批量中型球和圆锥滚子轴承柔性自动生产工艺及生产线。

3）套圈基准面（端面和外径）磨削机床由机电液一体化向高精度数控化方向发展。

4）圆锥、圆柱滚子轴承套圈滚道磨削超精由直线型向双曲线／对数曲线型凸度方向发展。

5）大批量生产的微型、小型、中小型球轴承装配，由半自动化装配生产线向全自动装配生产线方向发展。研发中小型滚子轴承自动装配生产线。

6）大型轴承套圈滚道终加工由磨削加工向超精加工方向发展。

7）采用光饰、研磨技术，使轴承套圈实现亮化。

8）推广采用分工序集中供应循环处理使用的冷却液系统，保证套圈冷却液的使用性能。

9）研究并应用以下先进技术：

①数控化技术。

②高速化技术。

③自适应控制技术。

④远程监控技术。

⑤ CNC 智能化交流伺服技术。

⑥ CBN 砂轮、磨石及其磨削超精技术。

⑦在线自动动平衡技术。

⑧高刚度、大功率高速电主轴及其油气润滑技术。

⑨以车代磨、硬车削－超精复合工艺技术和复合磨削技术。

六、检测仪器设备

1）智能型高铁轴承专用振动测量仪等高铁轴承系列测量仪器的开发和产业化。

2）大型圆度测量仪、大型摩擦力矩测量仪、大型游隙测量仪等风电轴承测量仪器的开发和应用。

3）“减振降噪”项目相关测量仪器，包括噪声测量仪、振动测量仪、摩擦力矩测量仪等轴承成品测量仪器，以及圆度仪、轮廓仪、粗糙度仪等轴承零件测量仪器的开发和产业化，拓展轴承振动和故障诊断技术在行业中的应用。

4）工序测试仪器机电气一体化、数字化，适应数理统计技术的应用，推广网络仪器和质量统计系统。

5）推广轴承与滚动体外观检测技术，统一外观检测的方法和标准。

6）制定轴承摩擦力矩等指标检测方法和相应标准。

7）研发适用于轴承自动生产线在线检测用关键检测仪器，在线检测仪器向测量、加工、反馈、补偿、统计闭环方向发展。

8）推广应用轴承疲劳寿命及可靠性强化试验系统。围绕国家产业发展方向，开展风电轴承试验技术研究、高速铁路轴承试验技术研究及大飞机主轴轴承试验技术研究。

9）研究开发轴承性能模拟试验系统，开展汽车关键部位轴承试验技术研究。

10）开发应用适用于轴承钢检测的钢材氧含量测定仪。

11）研发大型、特大型轴承零件无损探伤仪器和设备。

12）研发中型、小型轴承套圈、滚子自动无损探伤仪器和设备。

七、滚子、滚针加工设备及仪器

1）开发Ⅰ级及Ⅱ级滚子批量加工工艺和装备。

2）进行滚子表面强化技术、滚子高效喷丸处理技术及滚子、滚针光饰技术的研究，开发滚子表面强化机、滚子高效喷丸处理机及滚子、滚针高效光饰机。

3）开发新型滚子、滚针凸度超精机及滚子、滚针对数曲线超精导辊磨床。开发滚子、滚针联线装置及随机装配线。

4）研发圆锥滚子毛坯高速高精度成形设备。

5）研制开发滚子自动外观检查仪、滚子涡流或超声波探伤仪等仪器，并开展滚子在线检测技术、分组包装技术和网络技术的开发。

6）开展相关技术如新型滚子模具材料与热处理工艺、新型磨削液、新型防锈油、新型砂轮及油石的试验研究。

7）开展滚子热处理工艺优化与质量控制的研究，以及滚子表面形貌对轴承性能的影响的分析研究。

八、钢球加工设备及仪器

1）中小尺寸钢球毛坯推广采用高速冷镦机。

2）开发 G5 级以上精密低噪声、无异音、长寿命轴承钢球生产线。

3）优化钢球表面强化工艺，开发高效钢球表面强化机，进行强化机温度控制及强化介质的研究。

4）开展陶瓷球、纳米复合陶瓷球制造工艺与装备的开发研究。

5）研发新型钢球表面自动检查仪、钢球计数包装机，代替人工目视检验和包装。

6）开展相关技术如细粒度树脂砂轮、新型研磨液、新型防锈油、新材质的精研盘、低硬度耐磨铸铁精研盘及合金铸铁盘等新产品试验研究，提高钢球表面质量以及解决球轴承配套后振动与异音问题。

7）开展钢球热处理工艺优化与质量控制的研究、钢球表面缺陷控制理论和缺陷控制方法的研究及钢球寿命试验方法的探讨与研究，并研制相应的装备。

8）研制开发新型光球（磨球）工艺装备。

9）研制开发全自动监控冷拔同步送料与高速高精度钢球冷镦工艺装备生产线。

九、轴承成品与零件清洗技术与清洗设备

1）深入研究轴承成品与零件的清洗原理和清洗技术。

2）研发新一代高清洗效率、高清洁性能、高过滤精度的清洗设备。

3）研发适用于精密钢球和滚子的清洗设备。

4）改进并应用水剂清洗－脱水防锈新工艺、新设备。

5）研发清洗性能好、安全环保、长效防锈、免处理排放的新型绿色清洗液。

附件M 全国轴承行业先进轴承工艺装备研发和产业化情况㊀

一、全国轴承行业“十一五”部分先进轴承工艺装备研发和产业化情况表

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
无锡机床股份有限公司	1	小型精密低噪声球轴承磨超自动线(包括内、外圈线各一条)	WX－ZX029	1. 采用富耐连(Flexlink)输送链板,输送线美观整齐,输送性能稳定可靠 2. 内圈沟精度:圆度0.5μm,沟摆2μm,表面粗糙度*Ra* 0.04μm 3. 内圈孔精度:尺寸分散4μm,圆度0.5μm,垂直度2μm,表面粗糙度*Ra* 0.25μm 4. 外圈沟精度:圆度0.6μm,沟摆2μm,表面粗糙度*Ra* 0.04μm	122条
	2	中小型球轴承磨超自动线(包括内、外圈线各一条)	WX－ZX046	1. 采用宁波菲斯特输送链板,输送线美观整齐,输送性能稳定可靠 2. 内圈沟精度:圆度0.6μm,沟摆3μm,表面粗糙度*Ra* 0.05μm 3. 内圈孔精度:尺寸分散5μm,圆度0.8μm,垂直度3μm,表面粗糙度*Ra* 0.32μm 4. 外圈沟精度:圆度0.8μm,沟摆3μm,表面粗糙度*Ra* 0.05μm	48条
	3	中小型精密圆锥滚子轴承磨超自动线(包括内、外圈线各一条)	WX－ZX041	1. 采用宁波菲斯特输送链板,输送线美观整齐,输送性能稳定可靠 2. 内圈滚道精度:圆度1.2μm,凸度(对数曲线)0～8μm,表面粗糙度*Ra* 0.1μm 3. 内圈孔精度:尺寸分散5μm,圆度1.5μm,垂直度2μm,表面粗糙度*Ra* 0.25μm 4. 内圈挡边:平行度0.004mm,表面粗糙度*Ra* 0.25μm 5. 外圈滚道精度:圆度1.5μm,凸度(对数曲线)0～8μm,表面粗糙度*Ra* 0.1μm	39条
	4	中大型精密圆锥滚子轴承磨超生产线(包括内、外圈线各一条)	WX－ZX042	1. 采用Carryline输送链板,输送线美观整齐,输送性能稳定可靠 2. 内圈滚道精度:圆度1.5μm,凸度(对数曲线)0～8μm,表面粗糙度*Ra* 0.1μm 3. 内圈孔精度:尺寸分散6μm,圆度1.5μm,垂直度2μm,表面粗糙度*Ra* 0.25μm 4. 内圈挡边:平行度0.006mm,表面粗糙度*Ra* 0.3μm 5. 外圈滚道精度:圆度1.8μm,凸度(对数曲线)0～8μm,表面粗糙度*Ra* 0.1μm	21条

㊀摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
无锡机床股份有限公司	5	数控无心磨床	MK10300	1. 圆度 0.005mm 2. 表面粗糙度 *Ra* 0.4μm 3. 垂直度 0.01mm	5 台
	6	数控无心磨床	MK10400	1. 圆度 0.01mm 2. 表面粗糙度 *Ra* 0.4μm 3. 垂直度 0.0015mm/20mm	8 台
	7	数控小型圆锥滚子无心磨床	3M6020A	1. 圆度 1.2μm 2. 圆锥角偏差 ±3.5" 3. 表面粗糙度 *Ra* 0.125μm	9 台
	8	数控中型圆锥滚子无心磨床	MK11150	1. 圆锥滚子中凸 2. 圆度 2μm 3. 表面粗糙度 *Ra* 0.2μm	15 台
	9	数控立式内圆磨床	MK28100	1. 内外圆圆度 0.005mm 2. 内外圆圆柱度 0.008mm 3. 内外圆表面粗糙度 *Ra* 0.2μm 4. 端面平面度 0.01mm 5. 端面对内外圆垂直度 0.015mm 6. 端面表面粗糙度 *Ra* 0.8μm 7. 内外圆同轴度 0.006mm	2 台
	10	数控立式内圆磨床	MK28160	1. 内外圆圆度 0.005mm 2. 内外圆圆柱度 0.008mm 3. 内外圆表面粗糙度 *Ra* 0.2μm 4. 端面平面度 0.01mm 5. 端面对内外圆垂直度 0.015mm 6. 端面表面粗糙度 *Ra* 0.8μm 7. 内外圆同轴度 0.006mm 8. 锥面角度差 ±3.5" 9. 锥面表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	4 台
	11	数控立式内圆磨床	MK28250	1. 内外圆圆度 0.008mm 2. 内外圆圆柱度 0.012mm 3. 内外圆表面粗糙度 *Ra* 0.2μm 4. 端面平面度 0.012mm 5. 端面对外圆垂直度 0.015mm 6. 端面表面粗糙度 *Ra* 0.8μm 7. 内外圆同轴度 0.02mm	2 台
	12	数控轴承套圈内外圈滚道超精机	3MK3432	1. 表面粗糙度 *Ra* 0.16μm 2. 不破坏原有凸度形状	6 台

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
无锡机床股份有限公司	13	数控轴承套圈内外圈滚道超精机	3MK3450	1. 表面粗糙度 *Ra* 0.16μm 2. 不破坏原有凸度形状	2 台
上海莱必泰数控机床股份有限公司	1	高精度数控双端面磨床	RDM-15D	平行度≤ 2μm 表面粗糙度 *Ra* ≤ 2μm	70 台
	2	高精度数控无心磨床	RCM-200WM	圆度≤ 1.5μm 表面粗糙度 *Ra* ≤ 0.3μm	95 台
	3	3MZ(B)系列滚子轴承套圈对数曲线磨床		滚道形状为对数曲线	135 台
	4	高精度数控特大型立式磨削中心	RVM-120	双立柱、可转角度、可加工多表面圆度≤ 4μm	3 台
	5	高精度数控特大型立式磨削中心	RVM-400	最大加工直径 4m，圆度≤ 5μm，国内首创	3 台
	6	高精度数控内螺纹磨床	RGSN-200	最高可加工 C1 级产品	4 台
	7	高精度数控外螺纹磨床	RGSW-100	最高可加工 C1 级产品	10 台
	8	高精度数控螺纹激光测量仪	RGSL-3200	采用光栅、激光等技术，有效补偿，测量精度高	2 台
新乡日升数控轴承装备股份有限公司	1	数控轴承内圈滚道双头超精机	3MK336S	圆度改善 20% ～ 30%，表面粗糙度 *Ra* 0.1μm	56 台
	2	数控轴承外圈滚道双头超精机	3MK3410S	圆度改善 20% ～ 30%，表面粗糙度 *Ra* 0.1μm	60 台
	3	数控调心滚子轴承内圈双滚道磨床	3MK2510B	圆度 2μm，直径差 3μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	24 台

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
新乡日升数控轴承装备股份有限公司	4	数控调心滚子轴承内圈双滚道磨床	3MK2520B	圆度 3μm，直径差 3μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	22 台
	5	数控调心滚子轴承内圈双滚道磨床	3MK2530B	圆度 4μm，直径差 3μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	18 台
	6	数控轮毂单元外法兰外圆磨床	3MK2116B	圆度 1.5μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	50 台
	7	数控轮毂单元外法兰沟道磨床	3MK1420BG	圆度 2μm，沟径差 3μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	12 台
	8	数控轴承外圈沟道复合磨床	3MK1412SB	圆度 1μm，沟侧摆 3μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	12 台
	9	数控轴承外圈沟道复合磨床	3MK1416SB	圆度 2μm，沟侧摆 5μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	10 台
	10	数控轴承内圆复合磨床	3MK206SB	圆度 2μm，锥度 2μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	10 台
	11	数控轴承内圆复合磨床	3MK2010SB	圆度 2.5μm，锥度 2μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	10 台
	12	数控调心滚子轴承外圈滚道磨床（范成法）	3MK1412B/2	表面粗糙度 *Ra* 0.2μm	28 台
	13	数控调心滚子轴承外圈滚道磨床（范成法）	3MK1420B/2	表面粗糙度 *Ra* 0.2μm	32 台
	14	数控水泵轴沟道磨床	3MK136BSG	圆度 1.2μm，表面粗糙度 *Ra* 0.32μm	60 台
	15	数控星型套外球面磨床	QZM305B	球形误差 5μm，球心位置 ±0.01μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	46 台
	16	数控微小型轴承内圈沟道磨床	3MK132B	圆度 0.6μm，沟侧摆 3μm	64 台

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
新乡日升数控轴承装备股份有限公司	17	数控微小型轴承外圈沟道磨床	3MK144B	圆度 0.8μm，沟侧摆 3μm	58 台
	18	数控微小型轴承内圆磨床	3MK202B	圆度 1.5μm，锥度 1μm	40 台
	19	数控双向角接触推力内圈沟磨床	3MK1020B/1	平行度 4μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	10 台
	20	数控双向角接触推力外圈沟磨床	3MK1020B/2	圆度 2μm，沟侧摆 4μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	10 台
	21	数控球面滚子磨床	3MK4075B	圆度 4μm，表面粗糙度 *Ra* 0.32μm	24 台
	22	数控二、三代轮毂单元磨超生产线	3MK2116B 3MK1420B 3MK136B 3MK2010B 3MK3220B 3MK316B		15 台
	23	数控中小型球轴承复合磨超生产线	3MK1410SB 3MK136B 3MK206SB 3MK3210A 3MK316A	加工轴承精度达到精密级，P5 级以上	10 台
	24	数控中型球轴承复合磨超生产线	3MK1416SB 3MK1310B 3MK2010SB 3MK3220 3MK3110	加工轴承精度达到精密级，P5 级以上	10 台
	25	数控中小型角接触球轴承复合磨超生产线(沟、坡一次磨)	3MK1412BJ 3MK3212 3MK136BJ 3MK205B 3MK316A	加工轴承精度达到精密级，P5 级以上	5 台
	26	数控中型角接触球轴承复合磨超生产线（沟、坡一次磨）	3MK1416BJ 3MK3220 3MK1310BJ 3MK2010B 3MK3110	加工轴承精度达到精密级，P5 级以上	5 台

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
新乡日升数控轴承装备股份有限公司	27	卧式900系列光、磨、研大球加工设备	3M7995	转动盘径向跳动0.05mm，轴向跳动0.05mm，加工钢球直径12.7～70mm	30台
			3M7690	转动盘径向跳动0.04mm，轴向跳动0.05mm	
			3M7790A	转动盘径向跳动0.03mm，轴向跳动0.05mm	
			3M7690/XX	转动盘径向跳动0.04mm，轴向跳动0.05mm	
	28	立式660系列光、磨、研小球加工设备	3M7466	转动盘径向跳动0.05mm，轴向跳动0.05mm，加工钢球直径2～12.7mm	84台
			3M7166	转动盘径向跳动0.03mm，轴向跳动0.04mm	
			3M7266	转动盘径向跳动0.013mm，轴向跳动0.02mm，加工钢球精度G10～G5级	
	29	立式钢球研球机	3ML4780B 3ML4780C	转动盘径向跳动0.013mm，轴向跳动0.02mm，加工钢球精度G10～G5级	840台
	30	卧式钢球磨球机	3M4680B 3M4680C	转动盘径向跳动0.04mm，轴向跳动0.04mm	147台
	31	卧式钢球光球机	3M7980	转动盘径向跳动0.04mm，轴向跳动0.05mm	40台
	32	卧式小球光球机	3MX7980	转动盘径向跳动0.04mm，轴向跳动0.04mm	38台
	33	精密系列双面研磨机	2MM8470 2M8463 2M84100	上主轴径向跳动0.02mm，下接盘轴向跳动0.04mm，下接盘径向跳动0.04mm，尺寸测量精度1μm	35台
	34	双面研磨机	MB43100A MB43100C	上主轴径向跳动0.02mm，下接盘轴向跳动0.01mm，下接盘径向跳动0.025mm	32台
	35	数控立式车床	CJK5710	X、Z轴定位精度0.03mm，X、Z轴重复定位精度0.015mm，X、Z轴反向偏差0.01mm，尺寸公差等级IT6	6台
	36	立式加工中心	MV3018	（1）重复定位精度 ±0.005mm （2）定位精度 ±0.01mm	10台
	37	数控立式车床	CK5112ATC	工作台直径1 100mm，最大回转直径1 350mm；车削最大工件直径1 250mm；车削最大工件高度1 000mm；工作台转速级数为无级；工作台转速范围2.5～350r/min 工作台轴向跳动、径向跳动均小于10μm，圆度小于10μm，圆弧面表面粗糙度 *Ra* 0.8μm	5台

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
新乡日升数控轴承装备股份有限公司	38	高精度数控立式车床	CXK5225WP	工作台直径2 250mm，最大回转直径2 650mm；车削最大工件直径2 500mm，车削最大工件高度650mm；工作台转速级数为无级；工作台转速范围2.5～40r/min，工作台轴向跳动；径向跳动均小于5μm，圆度＜5μm，圆弧面表面粗糙度 *Ra* 0.25μm	5台
	39	数控立式车床	CK5516-25	工作台直径1 250mm，最大回转直径1 640～2 650mm；车削最大工件直径1 600～2 550mm；车削最大工件高度1 000mm；工作台转速级数为无级，工作台转速范围2.5～200r/min；工作台轴向跳动、径向跳动均小于15μm，圆度小于15μm，圆弧面表面粗糙度 *Ra* 0.8μm	10台
濮阳贝英数控机械设备有限公司	1	铁路重载货车轴承套圈磨超加工设备，铁路机车轮毂轴承套圈磨超加工自动线	3MZ2135CNC\3MZ2335SCNC 3MZ2635CNC\3MZ3435DCNC 3MZ2120CNC\3MZ2220CNC 3MZ2020CNC\3MZ3320DCNC	套圈加工范围：外径200～350mm，内径100～200mm，宽度30～220mm；精度指标：P4级；自动化生产线技术、铁路货车轴承外圈双滚道一次装夹同步磨削技术	42台
	2	精密轴承滚子加工成套工艺装备及技术开发	M9045CNC 3MZ6030CNC\3MZ4330CNC 3MZ6130A\BTRB30A 3MZ6050CNC\3MZ4350CNC 3MZ6140A\BTRB50A	圆锥滚子加工范围：外径10～50mm，长度10～75mm；精度指标：Ⅱ级以上精度；圆锥滚子自动线成套设备生产技术（数控导轮磨床、外径无心磨床、高精度球基面磨床、对数曲线外径超精机、在线滚子外径机外检测机、自动输送线）	18台
	3	P4级圆柱、圆锥轴承套圈数控磨、超自动生产线项目	3MZ2120CNC\3MZ2320CNC 3MZ2620CNC\3MZ3420DCNC 3MZ2110CNC\3MZ2210CNC 3MZ2010CNC\3MZ3310DCNC	套圈加工范围：外径100～200mm，内径30～100mm，宽度20～70mm 精度等级：P4级	120台
			3MZ2110CNC\3MZ2310CNC 3MZ2610CNC\3MZ3410DCNC 3MZ216CNC\3MZ226CNC 3MZ206CNC\3MZ336DCNC	套圈加工范围：外径30～100mm，内径15～60mm，宽度10～50mm 精度等级：P4级	

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
濮阳贝英数控机械设备有限公司	4	数控一代、二代、三代轮毂轴承（球、圆锥）单元磨超加工生产线	1. 球轮毂轴承单元加工设备：3MZ2120CNC\3MZ1420（GL）CNC\3MZ3220A 3MZ1310（GL）CNC\3MZ3110BFSA\3MZ136(GL)CNC\3MZ316A\3MZ206CNC 2. 圆锥轮毂轴承单元加工设备：3MZ2120CNC\3MZ2320SCNC\3MZ3420SA 3MZ2110CNC\3MZ2110BFCNC\3MZ2210CNC\3MZ2210BFCNC\3MZ3310DCNC\3MZ3310BFDCNC\3MZ2010CNC\	球轮毂轴承单元加工范围：外径 40 ～ 200mm，内径 15 ～ 60mm，宽度 20 ～ 120mm 圆锥轮毂轴承单元加工范围：外径 60 ～ 200mm，内径 20 ～ 100mm，宽度 20 ～ 120mm 精度等级：P5 级	150 台
	5	数控高精度切入式轴承套圈双端面磨床	BDFG300CNC\BDFG620CNC	1. BDFG300CNC 加工范围：外径 15 ～ 300mm，宽度 10 ～ 150mm；加工精度：平行度≤ 2μm，平面度≤ 1μm 2. BDFG620CNC 加工范围：外径 250 ～ 620mm，宽度 20 ～ 250mm；加工精度：平行度≤ 4μm，平面度≤ 2μm	6 台
陕西秦川格兰德机床有限公司	1	数控高速滚子轴承内圈滚道磨床	3MKS2150	最大回转直径 750mm，最大磨削工件外径 500mm，最大磨削长度 300mm，最小磨削工件外径 200mm，锥角差 ±3′，直线度 7μm，直径变动量 5μm，倾斜度（测距 10mm）0.7μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	20 台
	2	数控高速滚子轴承内圈滚道磨床	3MKS2180	最大回转直径 850mm，最大磨削工件外径 800mm，最小磨削工件外径 500mm，最大磨削长度 300mm，锥角差 ±3′,直线度 7μm，直径变动量 14μm，倾斜度 0.6μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	25 台
	3	数控高速调心轴承内圈滚道磨床	3MKS2525	磨削工件最大直径 320mm，磨削工件最大孔径 250mm，磨削工件最大宽度 150mm，最大圆弧滚道半径 150mm，滚道位置偏差 ±0.005mm，单一径向平面内滚道直径变动量 0.005mm，一滚道对另一滚道的径向跳动 0.004mm，滚道直径尺寸偏差 ±0.001mm，表面粗糙度 *Ra* ≤ 0.4μm	17 台

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
陕西秦川格兰德机床有限公司	4	数控高速调心轴承内圈滚道磨床	3MKS2550	最大回转直径 750mm，最大磨削工件外径 500mm，最小磨削工件外径 290mm，最大磨削长度 300mm，滚道位置偏差 ±10μm，单一径向平面内滚道直径变动量 5μm，一滚道对另一滚道的径向跳动 7μm，两滚道的直径差 10μm，表面粗糙度 $Ra \leqslant 0.4\mu m$	13 台
	5	数控高速轴承内圈滚道磨床	3MKSD2116	最大磨削孔径 160mm，最大工件宽度 100mm，最大磨削直径 200mm，锥角差 ±2′，直线度 3μm，直径变动量 4μm，倾斜度 0.7μm	14 台
	6	数控高速调心轴承内圈滚道磨床	3MKSD2510	最大磨削直径 140mm，最大磨削孔径 100mm，最大工件宽度 100mm，最大圆弧滚道半径 100mm	13 台
	7	数控高速调心轴承内圈滚道磨床	3MKSD2516	最大磨削直径 200mm，最大磨削孔径 160mm，最大工件宽度 120mm，最大圆弧滚道半径 135mm	12 台
	8	数控轴承套圈内圆磨床	3MK2040	最大磨削孔径 400mm，最大工件宽度 200mm，最小磨削孔径 200mm，最大工件直径 500mm，单一平面平均内径偏差 -25 ～ -1μm，直径变动量 19μm，平均直径变动量 13μm，壁厚差 15μm，垂直度（测距 10mm）0.7μm	6 台
无锡市明鑫数控磨床有限公司	1	高精度无心磨床	MG10100	磨削直径 10 ～ 100mm，圆度 0.001mm，圆柱度 0.0018mm，机床采用砂轮架固定，导轮架移动方式	20 台
	2	立式数控磨床	MG2860	工作台直径 700mm，最大磨削外径 600mm，磨削孔径 150 ～ 600mm，圆度 0.002mm，圆柱度 0.005mm，工件主轴转速 10 ～ 95r/min	5 台
	3	立式数控磨床	MG28100	工作台直径 1 000mm，最大磨削外径 1 000mm，磨削孔径 200 ～ 1 000mm，圆度 0.005mm，圆柱度 0.01mm，工件主轴转速 20 ～ 100r/min	7 台
	4	立式数控磨床	MK28160	工作台直径 1 800mm，最大磨削外径 1 800mm，磨削孔径 250 ～ 1 600mm，最大磨削深度 500mm，圆度 0.006mm，圆柱度 0.01mm，工件主轴转速 3 ～ 60r/min	10 台
	5	立式数控磨床	MK28250	工作台直径 3 300mm，最大磨削外径 3 000mm，磨削孔径 500 ～ 2 500mm，最大磨削深度 600mm，圆度 0.01mm，圆柱度 0.01mm，工件主轴转速 2 ～ 60r/min，机床总功率 90kW	4 台

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
杭州金舟电炉有限公司	1	双层辊底式连续球化退火炉	DKT	创新了双层炉体结构，充分利用了退火余热。退火电耗为 185kW·h/t，比我国较先进的退火炉节电 20% 以上；金相组织达到了 JB/T 1255 — 2001 和瑞典 SKF（D33 — 10101）标准；脱贫碳层≤ 0.10mm，退火工件质量特优	9 台
	2	托辊网带式可控气氛热处理生产线	RGW 系列	通过改进炉内回带余热利用技术，将回带余热用于预热淬火工件，节电 20% 左右，网带使用寿命延长了半年以上；淬火平均单位电耗为 280 ～ 320kW·h/t，节能降耗效果十分显著	82 台
	3	辊底式可控气氛贝氏体淬火生产线	RGB 系列	整条生产线采用了模块化设计，可以灵活组建生产线，在同一条生产线上，完成不同工艺，达到了节能的目的	2 台
	4	氮气保护真空锁气辊底式连续退火炉	GKT	开发余热利用新技术将实现退火单耗（电）从 250 ～ 270kW·h/t 下降至 170 ～ 190kW·h/t，以单台设备日产 50t 计算，节电 132 万 kW·h /年，达到了国内领先水平	12 台
	5	上下层换热型连续退火炉	DKT	采用工件同层双向叠加进出料（上层左进右出，下层左出右进）的炉膛结构设计，整个退火过程、余热利用全部在同一炉膛内完成。实现退火电耗 161kW·h/t，达到了国内领先水平	8 台
天津市第二机床有限公司		大型高精度数控立式万能磨床	2MK 普通级 2MKM 精密级 2MKG 高精度级	精密级定位精度：*X* 轴 0.015mm，*Z* 轴 0.010mm，重复定位精度 0.006mm，加工表面粗糙度≤ *Ra* 0.4μm；砂轮主轴：径向跳动≤ 0.003mm，轴向跳动＜ 0.003mm；回转工作台轴向跳动≤ 0.005mm，径向跳动≤ 0.003mm 高精度级定位精度：*X* 轴 0.010mm，*Z* 轴 0.006mm，重复定位精度 0.004mm，加工表面粗糙度≤ *Ra* 0.2μm；砂轮主轴：径向跳动≤ 0.002mm，轴向跳动＜ 0.002mm；回转工作台轴向跳动≤ 0.003mm，径向跳动≤ 0.002mm	33 台
浙江日发数码精密机械股份有限公司	1	全自动小型深沟球内圈沟道磨床	3MZ133	加工范围：内孔径 φ10 ～ 30mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	28 台
	2	全自动中小型深沟球内圈沟道磨床	3MZ135	加工范围：内孔径 17 ～ 50mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	118 台
	3	全自动中型深沟球内圈沟道磨床	3MZ1310	加工范围：内孔径 40 ～ 100mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	15 台

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
浙江日发数码精密机械股份有限公司	4	全自动中大型深沟球内圈沟道磨床	3MZ1316	加工范围：内孔径 80 ～ 160mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	4 台
	5	全自动小型圆锥轴承内圈滚道磨床	3MZ216	加工范围：内孔径 15 ～ 60mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	46 台
	6	全自动中型圆锥轴承内圈滚道磨床	3MZ2110	加工范围：内孔径 40 ～ 100mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	34 台
	7	全自动中大型圆锥轴承内圈滚道磨床	3MZ2116	加工范围：内孔径 80 ～ 160mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	23 台
	8	全自动小型深沟球外圈沟道磨床	3MZ146	加工范围：外径 26 ～ 62mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	39 台
	9	全自动中小型深沟球外圈沟道磨床	3MZ1410	加工范围：外径 40 ～ 100mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	105 台
	10	全自动中型深沟球外圈沟道磨床	3MZ1420	加工范围：外径 100 ～ 200mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	23 台
	11	全自动小型轴承内圆磨床	3MZ203	加工范围：内孔径 10 ～ 30mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	47 台
	12	全自动中小型轴承内圆磨床	3MZ205	加工范围：内孔径 17 ～ 50mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	124 台
	13	全自动中型轴承内圆磨床	3MZ2010	加工范围：内孔径 40 ～ 100mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	40 台
	14	全自动中大型轴承内圆磨床	3MZ2016	加工范围：内孔径 80 ～ 160mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	11 台
	15	全自动小型圆锥轴承内圈挡边磨床	3MZ226	加工范围：内孔径 15 ～ 60mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	26 台

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
浙江日发数码精密机械股份有限公司	16	全自动中型圆锥轴承内圈挡边磨床	3MZ2210	加工范围：内孔径 40 ～ 100mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	29 台
	17	全自动中大型圆锥轴承内圈挡边磨床	3MZ2216	加工范围：内孔径 80 ～ 160mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	6 台
	18	全自动小型圆锥轴承外圈滚道磨床	3MZ2310	加工范围：外径 40 ～ 100mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	37 台
	19	全自动中型圆锥轴承外圈滚道磨床	3MZ2320	加工范围：外径 100 ～ 200mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	30 台
	20	全自动中大型圆锥轴承外圈滚道磨床	3MZ2325	加工范围：外径 120 ～ 250mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	4 台
	21	全自动小型圆锥轴承内圈滚道超精机	3MZ336	加工范围：内孔径 15 ～ 60mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	21 台
	22	全自动中型圆锥轴承内圈滚道超精机	3MZ3310	加工范围：内孔径 40 ～ 100mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	27 台
	23	全自动中大型圆锥轴承内圈滚道超精机	3MZ3316	加工范围：内孔径 80 ～ 160mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	3 台
	24	全自动小型圆锥轴承外圈滚道超精机	3MZ3410	加工范围：外径 40 ～ 100mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	20 台
	25	全自动中型圆锥轴承外圈滚道超精机	3MZ3420	加工范围：外径 100 ～ 200mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	31 台

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
浙江日发数码精密机械股份有限公司	26	全自动中大型圆锥轴承外圈滚道超精机	3MZ3425	加工范围：外径 120 ～ 250mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	3 台
	27	全自动小型圆锥轴承内圈挡边超精机	3MZ376	加工范围：内孔径 15 ～ 60mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	3 台
	28	全自动中型圆锥轴承内圈挡边超精机	3MZ3710	加工范围：内孔径 40 ～ 100mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	6 台
	29	全自动小型深沟球轴承内圈沟道超精机	3MZ313	加工范围：内孔径 10 ～ 30mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	34 台
	30	全自动中小型深沟球轴承内圈沟道超精机	3MZ315	加工范围：内孔径 17 ～ 50mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	58 台
	31	全自动小型深沟球轴承外圈沟道超精机	3MZ326	加工范围：外径 26 ～ 62mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	34 台
	32	全自动中小型深沟球轴承外圈沟道超精机	3MZ3210	加工范围：外径 40 ～ 100mm。加工精度 P4、P5 级，自动上下料，可连线使用	61 台
	33	球笼保持架外球面磨床	RF-M1002	加工范围：外径 35 ～ 90mm，宽度 25 ～ 50mm	10 台
	34	球笼保持架内球面磨床	RF-M2009		10 台
	35	数控转子槽专用磨床	RF-M1001	加工范围：转子外径30～120mm，槽宽1.4～5mm，轴向厚度8～40mm，径向最大磨削深度20mm	6 台
	36	数控定子专用磨床	RF-M2004	加工范围：宽度 8 ～ 40mm	12 台
	37	万向节轴碗磨床	RF-M2003	加工范围：外径 15 ～ 50mm，宽度 10 ～ 35mm	

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	生产供应(套)数
浙江机械有限公司陀曼精密	1	轴承自动车床	ZC9206/ZC9210 ZC9206Y/ZC9210Y ZC9206Q/ZC9210Q ZC9210L	详见具体型号产品技术指标 应用于球轴承、圆锥、UC、一代轮毂等轴承套圈自动车削	1 550 台
	2	数控车削生产线	ZCK20	最大车削直径200mm；定位精度：*X*轴0.01mm，*Z*轴0.015mm；重复定位精度：*X*轴0.005mm，*Z*轴0.007mm；机械手最大搬运质量5kg；机械手 α 轴最高旋转速度0.9s/180° 应用于一、二、三、四代轮毂轴承自动车削	130 台
	3	其他			66 台
烟台轴承仪器有限公司	1	轴承套圈车削自动线	ZDX1	主轴空间支承面的跳动0.015mm，主轴空心轴颈的径向跳动0.01mm，刀架重复定位精度0.01mm，近端≤0.015mm，远端≤0.03mm	306 条
	2	圆锥轴承装配清洗检测线		装配轴承范围：15～60mm，工作节拍≤10s，清洗油精度5μm、3μm，清洗油压力0.2MPa，综合基础振动≤10dB	25 条

二、全国轴承行业“十二五”部分先进轴承工艺装备研发和产业化计划表

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	预计批量供货时间
无锡机床股份有限公司	1	精密高效汽车轮毂轴承磨超自动线	WX－ZX053	1. 采用链板式平输送机构，输送线美观整齐，输送性能稳定可靠，各主机采用机械手全自动上下料 2. 内圈精度：圆度1.5μm，沟摆3μm；内圈外径圆度1.5μm；沟及外径表面粗糙度*Ra* 0.05μm 3. 内圈孔精度：尺寸分散6μm；圆度1.8μm，垂直度：4μm；表面粗糙度*Ra* 0.32μm 4. 外圈精度：沟圆度1.8μm，沟摆3μm；沟径相互差5μm，外径圆度1.8μm；沟及外径表面粗糙度*Ra* 0.05μm	2012 年
	2	高精度轨道交通轴承磨超自动线	WX－ZX054	1. 采用Flexlink输送链板，输送线美观整齐，输送性能稳定可靠 2. 内圈滚道精度：圆度2μm，凸度（近似对数曲线）0～8μm，表面粗糙度*Ra* 0.2μm 3. 内圈孔精度：尺寸分散13μm；圆度2.5μm，垂直度3μm；表面粗糙度*Ra* 0.μm 4. 内圈挡边：平行度0.005mm，表面粗糙度*Ra* 0.2μm 5. 外圈滚道精度：圆度2μm，凸度（近似对数曲线）0～8μm，一滚道对另一滚道跳动5μm，外牙槽圆度2μm，外滚道表面粗糙度*Ra* 0.2μm，外牙槽表面粗糙度*Ra* 0.8μm	2012 年

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	预计批量供货时间
上海莱必泰数控机床股份有限公司	1	高精度数控无心磨床	RCM — 400WM	高精度、高效率、大型化 最大加工外径 400mm	2012 年
	2	主轴箱移动型数控自动车床	LE/LS 系列	多轴、一次装夹加工各种型面	2011 年
	3	高速数控钻削中心	RT 系列	可实现高速钻孔、供牙、铣削及镗孔等	2011 年
	4	高精度数控直线导轨磨床	RGM300	高精度型面复合磨削	2013 年
	5	全自动轴承套圈 100 系列磨超一体机		代替单机组成的生产线，可加工球、圆锥、圆柱及角接触轴承等	2012 年
	6	高精度数控龙门加工中心	RM 系列	可实现钻孔、铣削、镗孔等 最大加工长度 12 000mm	2014 年
	7	高精度定梁深孔立式磨床	RVM — 80A — CNC	工作台为恒流静压系统，加工深度 1 000mm 的高精度孔工件	2013 年
	8	高精度数控微型内螺纹磨床	RGNS — 10	螺距可数控变距及大导程	2015 年
新乡日升数控轴承装备股份有限公司	1	数控双向角接触推力内圈沟磨床	3MK1012B/1	平行度 3μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2012 年
	2	数控双向角接触推力外圈沟磨床	3MK1012B/2	圆度 1μm，沟侧摆 4μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2012 年
	3	数控双向角接触推力外圈沟磨床	3MK1040B/2	圆度 5μm，沟侧摆 5μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2012 年
	4	数控轴承外圆磨床	3MK2136B	圆度 3μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2013 年
	5	数控轴承外圆磨床	3MK2150B	圆度 4μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2013 年
	6	数控轴承内圆磨床	3MK2036B	圆度 4μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2013 年
	7	数控轴承内圆磨床	3MK2050B	圆度 5μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2013 年

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	预计批量供货时间
新乡日升数控轴承装备股份有限公司	8	数控钟型罩内球面磨床	3MK1420BZ	球形误差 5μm，球心位置 ±10μm，表面粗糙度 Ra 0.4μm	2012 年
	9	数控球笼内球面磨床	3MK1420BQ	圆度 5μm，球形误差 5μm	2012 年
	10	数控球笼外球面磨床	3MK1310BQ	圆度 5μm，球形误差 5μm	2012 年
	11	数控铁路轴承内圈滚道磨床	3MK1320B－T	滚道直径差 2μm，锥角差 ±2′	2013 年
	12	数控高速镦锻机	RS － D60	质量差≤ 1%，端面倾斜度≤ 2°	2014 年
	13	精密圆锥滚子无心磨床	3MM6030	砂轮轴向跳动 0.002mm，导轮轴向跳动 0.002mm，加工滚子精度：Ⅱ级	2011 年 6 月
	14	数控圆锥滚子无心磨床	3MK6050	砂轮轴向跳动 0.002mm，导轮轴向跳动 0.002mm，加工滚子精度：Ⅰ级	2012 年
	15	立式数控钢球研球机	3MK7280	主轴径向跳动 0.01mm，轴向跳动 0.015mm，加工钢球精度：G3 ～ G5 级	2012 年
	16	卧式钢球研球机	3MK7750	转动盘径向跳动 0.01mm，轴向跳动 0.015mm，加工钢球精度：G3 ～ G5 级	2011 年
	17	精密双面研磨机	2MM84100	上主轴径向跳动 0.02mm，下接盘轴向跳动 0.04mm，下接盘径向跳动 0.04mm，尺寸测量精度 1μm	2011 年
	18	精密双面研磨机	2MM8484	上主轴径向跳动 0.02mm，下接盘轴向跳动 0.04mm，下接盘径向跳动 0.04mm，尺寸测量精度 1μm	2012 年
	19	卧式大球光球机	3M7990A	转动盘径向跳动 0.05mm，轴向跳动 0.05mm	2011 年
	20	卧式大球研球机	3M77100	主轴径向跳动 0.03mm，轴向跳动 0.05mm，加工钢球精度：G10 ～ G5 级，加工钢球直径 25 ～ 75mm	2011 年
	21	卧式大球磨球机	3M76100	转动盘径向跳动 0.04mm，轴向跳动 0.05mm，加工钢球直径 25 ～ 75mm	2011 年
	22	数控圆锥滚子球基面磨床	3MTK4330	加工滚子精度：Ⅰ级	2013 年

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	预计批量供货时间
新乡日升数控轴承装备股份有限公司	23	数控卧式双端面磨床	MK7675	主轴径向跳动 0.005mm，轴向跳动 0.005mm	2014 年
	24	数控卧式往复式双端面磨床	MKW76100	主轴径向跳动 0.005mm，轴向跳动 0.005mm	2014 年
	25	数控立式双端面磨床	MKL45	主轴径向跳动 0.003mm，轴向跳动 0.003mm	2015 年
	26	滚子超精机	3MT6240		2015 年
	27	立式磨床	2MKG9563	加工工件最大内径 630mm，加工工件最大外径 630mm，工件高度 500mm，加工工件圆度 / 圆柱度≤ 0.0015mm/ ϕ 500mm	2012 年 12 月
	28	立式磨床	2MKG95100	加工工件最大内径 1 000mm，加工工件最大外径 1 000mm，工件高度 600mm 加工工件圆度 / 圆柱度≤ 0.002mm/ ϕ 600mm	2013 年 12 月
	29	立式车磨加工中心	VLG20	加工工件圆度 / 圆柱度≤ 0.001mm，主轴回转定位精度≤ 0.002°（2011 年度工信部“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项）	2013 年 12 月
	30	高精度数控立式车床	CXK5116	工作台直径 1 600mm，最大回转直径 1 850mm，车削最大工件直径 1 600mm，车削最大工件高度 1 050mm，工作台转速级数为无级，工作台转速范围 2.5 ～ 200r/min，工作台轴向跳动、径向跳动均小于 5μm，圆度＜ 5μm，圆弧面表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2012 年
	31	高精度数控立式车床	CXK5240	工作台直径 3 600mm，最大回转直径 4 200mm，车削最大工件直径 4 000mm，车削最大工件高度 2 500mm，工作台转速级数为无级，工作台转速范围 2 ～ 20r/min、20 ～ 63r/min，工作台轴向跳动、径向圆跳动均小于 10μm，圆度＜ 10μm，圆弧面表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2014 年
	32	动柱式龙门移动加工中心	MG6035	加工范围：*X* 轴 6 000mm，*Y* 轴 3 500mm，*Z* 轴 1 200mm 主要技术指标：重复定位精度 ±0.005mm，定位精度 ±0.01mm	2012 年
	33	卧式镗铣加工中心	BH2018S	主要技术指标：工作台分度为 0.001mm，*X*、*Y*、*Z*、*W* 轴快速进给速度 12mm/min、12mm/min、5mm/min、12mm/min，定位精度 ±0.01mm，重复定位精度 ±0.003mm；主轴转速：3000r/min（两档齿轮），主轴最大转矩 1308N • m	2013 年
	34	动柱式龙门移动加工中心	MG10040	加工范围：*X* 轴 10 000mm，*Y* 轴 4 000mm，*Z* 轴 1 500mm 主要技术指标：重复定位精度 ±0.005mm，定位精度 ±0.01mm	2014 年

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	预计批量供货时间
濮阳贝英数控机械设备有限公司	1	数控轴承套圈内外表面同步组合磨床	BGC250CNC BGC620CNC BGC820CNC	1. 轴承套圈内外表面同步磨削技术 2. 轴承套圈一次装夹、内外表面同步磨削精度高 3. 机床设计最高砂轮线速度 120m/s，实际工作砂轮线速度 60 ～ 80m/s 4. 移动导轨采用全封闭式液体静压导轨、实现精密微位移，驱动采用直线电动机技术 5. 提高轴承套圈的加工效率、精度、降低成本	2012 年 5 月
	2	数控大型高精度立式磨床	3MK95125CNC 3MK95160CNC 3MK95250CNC	1. 大型轴承套圈内外表面同步磨削技术 2. 移动导轨采用全封闭式液体静压导轨、实现精密微位移 3. 转盘采用高精度静压转盘、力矩电动机驱动	2011 年 10 月～2012 年 12 月
	3	高精度圆柱滚子双端面磨床	3MZ6550CNC	圆柱滚子加工范围：外径 10 ～ 50mm，长度 10 ～ 75mm，加工精度：Ⅰ级以上精度	2011 年 12 月
	4	圆锥滚子在线外观检测、免分选、塑封包装线		免分选、无磕碰伤。圆锥滚子相互差≤ 3μm（每班次）	2012 年 10 月
	5	数控高精度滚子（圆锥滚子、圆柱滚子和球面滚子）冷镦机	BGLD25CNC	高速、高效无环带 滚子外径相互差≤ 0.05mm	2013 年 10 月
	6	全自动球面滚子超精机	3MZ6330A\3MZ6350A	1. 球面滚子加工范围：外径 10 ～ 30mm，长度 10 ～ 45mm，精度指标：Ⅱ级以上精度 2. 球面滚子加工范围：外径 25 ～ 50mm，长度 20 ～ 75mm，精度指标：Ⅱ级以上精度	2011 年 11 月
陕西秦川格兰德机床有限公司	1	数控轴承磨床	3MKS2165	最大回转直径 750mm，最大磨削工件外径 650mm，最大磨削长度 300mm，最小磨削工件外径 200mm，锥角差 ±3″；直线度 7μm，直径变动量 5μm，倾斜度（测距 10mm）0.7μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2011 年 5 月
	2	数控轴承磨床	3MKS2150	最大回转直径 750mm，最大磨削工件外径 500mm，最大磨削长度 300mm，最小磨削工件外径 200mm，直线度 7μm，直径变动量 5μm，倾斜度（测距 10mm）0.7μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2011 年 6 月
	3	数控轴承磨床	3MKS2180	四轴数控，工件采用电磁吸盘无心支承。最大回转直径 850mm，最大磨削工件外径 800mm，最小磨削工件外径 500mm，最大磨削长度 300mm，直线度 0.002 5，直径变动量 14μm，倾斜度 0.6μm，表面粗糙度 *Ra* 0.4μm	2011 年 6 月

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	预计批量供货时间
陕西秦川格兰德机床有限公司	4	高精度轴承磨床	3MG2150	最大回转直径 750mm，最大磨削工件外径 500mm，磨削长度 20 ～ 200mm，最小磨削工件外径 150mm，圆度 0.001 8，直径变动量 0.004mm，倾斜度（测距 10mm）0.000 2mm，表面粗糙度 *Ra* 0.32μm	2011 年 3 月
	5	高精度数控轴承磨床	3MGKS2150	最大回转直径 750mm，最大磨削工件外径 500mm，最大磨削长度 300mm，最小磨削工件外径 200mm，锥角差 ±0.8″，直线度 3μm，直径变动量 2μm，表面粗糙度 *Ra*=0.2μm	2013 年 4 月
	6	高精度数控轴承磨床	3MGKS2180	最大回转直径 850mm，最大磨削工件外径 800mm，最小磨削工件外径 500mm，最大磨削长度 300mm，锥角差 ±0.8″，直线度 3μm，直径变动量 4μm，倾斜度 0.2μm，表面粗糙度 *Ra* 0.2μm	2013 年 8 月
	7	数控轴承磨床	3MKS29125	六轴数控，工件采用电磁吸盘无心支承。最大回转直径 1 600mm，最大磨削工件外径 1 300mm，最大磨削长度 300mm，最小磨削工件外径 550mm	2014 年 3 月
	8	轴承磨削生产线		配备机器人和自动上下料装置，生产线全自动控制	2015 年 12 月
无锡市明鑫数控磨床有限公司	1	立式数控磨床	MK28300	复合加工机床	2011 年
	2	立式数控磨床	MK28400	复合加工机床	2011 年
杭州金舟电炉有限公司	1	节能型全自动可控气氛卧式盘圆节能退火生产线	GZT	通过设计连续的托辊式球化退火炉，改进炉衬结构、气氛自动化控制，解决更平稳的传动结构及如何利用降温过程的余热	2011 年 12 月
				来预热进料的工件。从现在每吨耗电 370kW·h 降到 200kW·h 以内，节能降耗，脱碳在 10 丝以内，金相组织达到 2 ～ 3 节，硬度散差 2 ～ 3HRB（已受理发明专利）	
	2	前后预抽真空保护气氛光亮等温正火生产线	GKZ	热处理产品无氧化，硬度散差小且节能省材，解决了产品质量波动偏大，钢材烧损氧化严重的问题，光亮等温正火实现了优质、节能省材环保的理想效果（已授权发明专利）	2011 年 2 月
	3	新型圆弧螺旋滚筒炉	RG	提高节能，防止混料 已受理发明专利	2012 年 5 月

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	预计批量供货时间
杭州金舟电炉有限公司	4	具有国内外领先水平的节能环保型系列热处理装备		通过新颖炉膛结构的研发、先进复合炉衬材料的应用，加强余热利用技术的研究（已受理实用新型专利）	2013 年 1 月
	5	连续式周期式渗碳淬火线	RJ	在气氛控制、气氛流动、炉体结构、传动结构方面实现新的突破	2013 年 12 月
	6	连续式周期式贝氏体淬火生产线	RGB	在气氛控制、炉子密封结构和保温方面实现新的突破	2012 年 12 月
	7	研发具有远程控制和诊断功能的可控气氛热处理自动生产线		全面开发应用计算机控制技术，温度传动的控制精度的提高，在可控气氛上面下功夫，争取做到零脱碳	2014 年 2 月
无锡市博阳精密机械制造有限公司	1	重点产品：轴承工厂智能化整体解决方案①生产自动化（含新装备）②信息化检测系统③绿色化低碳经济，零排放，新能源应用（地源热泵、太阳能、自然能源），工厂内部绿色，环保			
	2	双沟合套机	BY — DAM — 02	双沟道轴承自动加球	60 天
	3	双沟铆合机	BY — DAP — 02	自动加双面尼龙保持架	60 天
	4	双沟径向游隙	BY — DJC — 02	自动测游隙值	60 天
	5	双沟内外径检测机	BY — DZOC — 02	测内外套圈的内外径	60 天
	6	真空脱气装置	通用型	平衡度	2011 年 4 月
	7	微小型横式清洗机	通用型	清洗度	2011 年 7 月

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	预计批量供货时间
无锡市博阳精密机械制造有限公司	8	组立后处理机		注脂量稳定	2011年6月
	9	全自动综合装配机	BYDC－ZHJ－3280	适用于易散套产品	2011年6月
	10	全自动喷雾防锈机	BYDC－PWPX－3280	雾化效果好，适用范围广，油污零排放	2011年6月
	11	全自动大型合套机	BYDC－HTJ－60130	伤球少，游隙好	2011年6月
	12	水泵轴承测量选球机	BYDC－SBCOM－30120	游隙好，换型快	2011年8月
	13	水泵轴承游隙检查机	BYDC－YXCHK－30120	双截面测量，换型快	2011年8月
	14	全自动综合装配机	BYDC－ZHJ－0732	适用于易散套产品	2011年11月
	15	全自动综合装配机	BYDC－YTJ－3280	适用于易散套产品	2011年7月
	16	磨加工连线		自动化	
天津市第二机床有限公司		高精度全静压数控圆台磨床	2MKGJ95125/60	主轴径向跳动＜0.001mm，主轴轴向窜动＜0.001mm 工作台径向跳动＜0.001mm，工作台轴向跳动＜0.001mm 磨削加工工件圆度＜0.8μm，磨削加工工件表面粗糙度Ra≤0.1μm，X、Z轴定位精度＜0.002mm，X、Z轴重复定位精度＜0.001mm，C轴精度＜1″ 工作台直径1250mm，最大加工外径1500mm，最大加工工件高度400mm，主轴转速2600r/min，工作台转速60r/min，工作台承重4000kg，X轴行程1000mm，Z轴行程500mm，最大砂轮直径400mm，砂轮厚度50mm	2013年
浙江日发数码精密机械股份有限公司	1	全自动滚子轴承内圈滚道磨床	3MZ2120	加工范围：内孔径120～200mm。自动上下料，加工精度P4/P5级	2012年8月
	2	全自动轴承内圆磨床	3MZ2020		
	3	全自动滚子轴承内圈挡边磨床	3MZ2220		

（续）

研发生产厂家	序号	装备名称	装备型号	核心技术指标	预计批量供货时间
浙江日发数码精密机械股份有限公司	4	全自动滚子轴承内圈滚道超精机	3MZ3320	加工范围：内孔径120～200mm。自动上下料，平均改善圆度≥20%	2012年8月
	5	全自动滚子轴承外圈滚道磨床	3MZ2330	加工范围：外径180～300mm。自动上下料，加工精度P4/P5级	
	6	全自动滚子轴承外圈挡边磨床	3MZ2630		
	7	全自动滚子轴承外圈滚道超精机	3MZ3430	加工范围：外径180～300mm。自动上下料，平均改善圆度≥20%	
	9	全自动外球面轴承磨超自动线	RFLX-50WQ	加工范围：内孔径20～60mm、外径50～120mm，宽度15～70mm	2012年12月
	10	全自动调心滚子轴承磨超自动线	RFLX-50TZ	加工范围：内孔径20～60mm、外径50～120mm，宽度15～60mm	2012年12月
	11	钟形罩内球面磨床	RF-M2011	加工范围：外径40～100mm 加工方式：工件置于薄膜弹性筒夹夹紧，伺服主轴摆动加工	2013年5月
	12	内星轮外球面磨床	RF-M1004	加工范围：内孔径15～60mm 加工方式：工件置于薄膜弹性筒夹夹紧，研磨外球面	2014年8月
浙江陀曼精密机械有限公司	1	节能型全自动锻造设备	待定	1. 实现生产线全自动化作业 2. 节能约16% 3. 材料利用率提高8%～12%	2011年年底
	2	中大型轴承自动车床	ZC9218	1. 最大车削外径180mm 2. 实现全自动车削	2011年年底
烟台轴承仪器有限公司	1	轴承套圈车削自动线	ZDX2	主轴空间支承面的跳动0.015mm；主轴空心轴颈的径向跳动0.01mm；刀架重复定位精度0.01mm，近端≤0.015mm，远端≤0.03mm；加工套圈沟位差和倒摆 0.03mm	450条
	2	圆锥轴承装配清洗检测线		装配轴承范围：15～60mm，工作节拍≤10s，清洗油精度5μm、3μm，清洗油压力0.2MPa，综合基础振动≤10dB	80条

附件 N　全国轴承行业质量跨标杆技术管理条例㊀

为了全方位地提高我国轴承产品质量，提高我国轴承产品在国际市场上的竞争能力，中国轴承工业协会决定在全国轴承行业范围内开展轴承产品质量跨标杆活动。按照轴承质量水平的高低，树立三种产品质量标杆。各轴承企业可根据本企业实际情况，制订出不同时期跨越质量标杆的攻关计划。中国轴承工业协会将根据申请企业的申报材料在行业开展质量跨标杆自愿性产品质量验收。三种质量标杆技术指标及跨标杆评审管理办法如下：

第一条　轴承实物质量从低到高分为三个标杆。第一质量标杆：产品质量验收合格标志（1BQC）；第二质量标杆：产品质量验收优等标志（2BQC）；第三质量标杆：产品质量验收名牌标志（3BQC）。

第二条　轴承行业质量跨标杆活动计划跨越时段 2005 — 2020 年。

第三条　行业质量跨标杆活动总目标。

项目 \ 标杆	第三质量标杆	第二质量标杆	第一质量标杆
企业数	30	150	300
行业总销售额率（%）	50	70	90
行业品种占有率（%）	70	80	90

第四条　低噪声轴承产品振动噪声指标。

项目 \ 标杆		第三质量标杆	第二质量标杆	第一质量标杆
深沟球轴承	微型	ZP4（V3）	Z3（V3）	Z2（V2）
	中小型	ZP3（V4）	Z3（V3）	Z2（V2）
	中大型	Z3（V3）	Z2（V2）	Z1（V1）
圆柱、圆锥滚子轴承①		Z2（V2）	Z1（V1）	Z（V）
滚针轴承①				

① 滚针轴承现无标准。中、大型尺寸段圆锥滚子轴承待标准发布后实施。

㊀ 摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

第五条　产品寿命可靠性指标。

表 1　滚动轴承产品寿命可靠性指标

项目 \ 标杆			第三质量标杆	第二质量标杆	第一质量标杆
通用轴承 K 值（L_{10t}/L_{10h}）	球轴承		≥ 12	≥ 6	≥ 3
	滚子轴承		≥ 9	≥ 4	≥ 2
专用轴承①	汽车轮毂		≥ 25 万 km	≥ 15 万 km	≥ 10 万 km
	火车轮毂轴承	速度	≥ 200km/h	≥ 150km/h	≥ 80km/h
		寿命	150 万 km	120 万 km	80 万 km
	机床主轴轴承寿命		≥ 2 000h	≥ 1 500h	≥ 1 000h
风电轴承	装配主机的使用寿命		≥ 20 年		
轧机轴承	板热连轧工作辊轴承寿命		≥ 120 万 t	≥ 100 万 t	≥ 80 万 t

① 专用轴承原则上应进行台架试验，如无条件应开具用户证明。

表 2　关节轴承寿命可靠性指标

关节轴承	试验寿命 / 计算寿命（L_{10t} / L_{10h}）		
	第三质量标杆	第二质量标杆	第一质量标杆
向心关节轴承	≥ 1.5	≥ 1.2	≥ 1
角接触关节轴承	≥ 1.5	≥ 1.2	≥ 1
推力关节轴承	≥ 1.5	≥ 1.2	≥ 1
杆端关节轴承	≥ 1.5	≥ 1.2	≥ 1

第六条　对轴承成品及零件质量检查水平判断，不同标杆按下列各表的要求。

表 3　轴承成品关键检查项目

序号	检查项目	各等级质量标杆			
		n			Ac
		外圈	内圈	滚动体	
1	硬度	2	2	4	0

（续）

序号	检查项目	各等级质量标杆			
		n			Ac
		外圈	内圈	滚动体	
2	金相组织	1	1	2	0
3	工作表面粗糙度	1	1	2	0
4	工作表面烧伤	1	1	2	0
5	裂纹①	50（32）②	50（32）②	50（32）②	0
6	错缺零件	50（32）②	50（32）②	50（32）②	0
7	实物质量与明示标准（标识）不符③				

① 外观检查时不允许出现目测可见的裂纹，酸洗检验发现的裂纹也不允许。
② 括号内表示带座外球面球轴承成品套数。
③ 无合格证或装箱单产品为不合格品。

表 4　带座外球面球轴承成品主要检查项目①

序号	检查项目	第三质量标杆 n/Ac	第二质量标杆 n/Ac	第一质量标杆 n/Ac
1	带座轴承内径偏差	32/0	32/1	32/3
2	带立式座轴承的球面中心高 H 和带方形、菱形悬挂式凸台圆形座轴承的球面中心高 A_2 的极限偏差	32/0	32/1	32/3
3	带凸台圆形座轴承的凸台外径 D_1、带环形座轴承的外径 D_1 和宽度 A 的极限偏差	32/0	32/1	32/3
4	带滑块座轴承的槽宽 A_1、槽底距 H_1 的极限偏差及两槽的位置公差	32/0	32/1	32/3
5	带方形、菱形和凸台圆形座轴承螺栓孔轴线位置公差	32/0	32/1	32/3

① 主要检查项目的不合格总数：第三质量标杆为 0，第二质量标杆不大于 1，第一质量标杆不大于 3。

表 5　轴承成品主要检查项目[①]（带座外球面球轴承除外）

序号	产品类型及公差等级	检查项目	第三质量标杆 *n/Ac*	第二质量标杆 *n/Ac*	第一质量标杆 *n/Ac*
1	所有类型	内径偏差及变动量（Δ_{dmp}、Δ_{ds}、Δ_{d1mp}、Δ_{d2mp}、V_{dsp}、V_{d2sp}、V_{dmp}、$\Delta_{d1mp}-\Delta_{dmp}$、$F_W$的公差）	50/0	50/1	50/2
2	所有类型	外径偏差及变动量（Δ_{Dmp}、Δ_{Ds}、Δ_{D1s}、V_{Dsp}、V_{Dmp}、E_W的公差）	50/0	50/1	50/2
3	向心轴承	成套轴承内圈径向跳动（K_{ia}）	50/0	50/1	50/2
4	向心轴承	成套轴承外圈径向跳动（K_{ea}）	50/0	50/1	50/2
5	推力轴承	轴（座）圈滚道与背面间的厚度变动量（S_i、S_e）	50/0	50/1	50/2
6	向心轴承（角接触球轴承除外）	径（轴）向游隙（四点接触球轴承为轴向游隙）（G_r、G_a）	50/0	50/1	50/2
7	圆锥滚子轴承、推力轴承、角接触球轴承	轴承实际宽（高）度偏差（Δ_{Ts}、Δ_{T1s}、Δ_{T2s}、Δ_{T3s}、Δ_{T4s}、Δ_{T5s}）	50/0	50/1	50/2
8	5、4、2 级公差的向心轴承	成套轴承内圈轴向跳动（S_{ia}）	50/0	50/1	50/2
9	5、4、2 级公差的向心轴承	成套轴承外圈轴向跳动（S_{ea}、S_{ea1}）	50/0	50/1	50/2
10	5、4、2 级公差的向心轴承	内圈端面对内孔的垂直度（S_d、S_{d1}）	50/0	50/1	50/2
11	5、4、2 级公差的向心轴承	外圈外表面对端面的垂直度（S_D）	50/0	50/1	50/2
12	向心滚针和保持架组件	组件应旋转灵活、平稳和无阻滞现象	50/0	50/1	50/2
13	螺栓型滚轮滚针轴承	螺栓直径公差	50/0	50/1	50/2
14	滚动轴承	装配倒角的下极限偏差	50/0	50/1	50/2

① 主要检查项目的不合格总数：第三质量标杆为 0，第二质量标杆不大于 1，第一质量标杆不大于 2。

表 6　关节轴承成品主要检查项目①

序号	产品类型	检查项目	第三质量标杆 *n/Ac*	第二质量标杆 *n/Ac*	第一质量标杆 *n/Ac*
1	向心、角接触和推力关节轴承	内径偏差及变动量（Δ_{dmp}、V_{dsp}、V_{dmp}）	50/0	50/1	50/2
		外径偏差及变动量（Δ_{Dmp}、V_{Dsp}、V_{Dmp}）	50/0	50/1	50/2
2	杆端关节轴承	内径偏差及变动量（Δ_{dmp}、V_{dsp}、V_{dmp}）	50/0	50/1	50/2
		杆端中心高	50/0	50/1	50/2
		螺纹公差	50/0	50/1	50/2
3	向心、杆端关节轴承	径向游隙	50/0	50/1	50/2

① 关节轴承成品样本中主要检查项目的不合格品总数为：第三标杆为 0，第二标杆不大于 1，第一质量标杆不大于 2。

表 7　轴承成品次要检查项目①

序号	检查项目	第三质量标杆 *n/Ac*	第二质量标杆 *n/Ac*	第一质量标杆 *n/Ac*
1	内圈单一宽度偏差及变动量（Δ_{Bs}、V_{Bs}）	50/0	50/1	50/5
2	外圈单一宽度偏差及变动量（Δ_{Cs}、V_{Cs}、Δ_{C1s}、V_{C1s}）	50/0	50/1	50/5
3	向心滚针与保持架组件的保持架宽度公差（B_c）	50/0	50/1	50/5
4	螺栓杆单一长度偏差（Δ_{B2}）	50/0	50/1	50/5
5	残磁限值（带座外球面轴承除外）	50/0	50/1	50/5
6	配合表面和端面的表面粗糙度	50/0	50/1	50/5
7	旋转灵活性（带座外球面轴承除外）	50/0	50/1	50/5
8	残磁限值（带座外球面轴承除外）	50/0	50/1	50/5
9	带座外球面轴承的旋转灵活性	32/0	32/2	32/5
10	带座外球面球轴承的残磁限值	32/0	32/2	32/5

① 次要检查项目的不合格品总数为：第三标杆为 0；第二标杆带座外球面轴承不大于 2，其余轴承类型不大于 1；第一质量标杆不大于 5。

表 8　关节轴承成品次要检查项目①

序号	产品类型	检查项目	第三质量标杆 n/Ac	第二质量标杆 n/Ac	第一质量标杆 n/Ac
1	向心、角接触和推力关节轴承	内(轴)圈单一(高)宽度偏差(Δ_{Bs})	50/0	50/1	50/2
		外（座）圈宽度偏差（Δ_{Cs}）	50/0	50/1	50/2
	杆端关节轴承	内(轴)圈单一(高)宽度偏差(Δ_{Bs})	32/0	32/1	32/2
		螺纹长度	32/0	32/1	32/2
	角接触关节轴承	轴承实际宽度偏差（Δ_{Ts}）	32/0	32/1	32/2
	推力关节轴承	轴承实际高度偏差（Δ_{Ts}）	32/0	32/1	32/2
	角接触、推力关节轴承	接触精度	32/0	32/1	32/2
2	推力杆端关节轴承	残磁限值	32/0	32/1	32/2
		配合表面及端面的表面粗糙度	32/0	32/1	32/2
		外观质量	32/0	32/1	32/2
		旋转灵活性	32/0	32/1	32/2

① 关节轴承成品样本中次要检查项目的不合格品总数为：第三标杆为 0，第二标杆不大于 1，第一质量标杆不大于 2。

表 9　深沟球轴承振动值水平①

质量标杆等级	n/Ac
第三、第二质量标杆	50/0
第一质量标杆	50/2

① 对轴承振动寿命的考核，中国轴承工业协会将组织相关部门进行相关检验规程的制定。

表 10　圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承振动值水平①

质量标杆等级	n/Ac
第三、第二质量标杆	50/0
第一质量标杆	50/5

① 对轴承振动寿命的考核，中国轴承工业协会将组织相关部门进行相关检验规程的制定。

表 11　滚动体关键检查项目

序号	产品名称	检查项目	各等级质量标杆 *n/Ac*
1	所有滚动体	硬度	5/0
2	所有滚动体	表面粗糙度	5/0
3	所有滚动体	金相组织	5/0
4	所有滚动体	烧伤	5/0
5	所有滚动体	残磁限值	20/0
6	钢球	压碎载荷试验	3*/0（3 指 3 组）
7	所有滚动体	裂纹①	125/0

① 指外观检测时目测发现。

表 12　钢球检查项目

序号	检查项目	第三、第二质量标杆 *n/Ac*	第一质量标杆 *n/Ac*
1	外观质量	125/0	125/0
2	球直径变动量（V_{Dws}）	125/0	125/0
3	球形误差（Δ_{Sph}）	8/0	8/0
4	残磁限值	125/0	125/0
5	振动	随机抽取 20 粒钢球检验，其单粒振动值和批平均振动值应符合有关标准要求（标称组别）	
		Z3	Z2
6	球批直径变动量（V_{DwL}）随机抽取 25 粒钢球检验，其 V_{DwL} 应符合有关标准要求		
7	球规值（*S*）随机抽取 25 粒钢球检验，其 *S* 应符合有关标准要求		

表 13　滚针检查项目

序号	检查项目	第三、第二质量标杆 *n/Ac*	第一质量标杆 *n/Ac*
1	单一平面滚针平均直径偏差（Δ_{Dwmp}）	125/0	125/2
2	圆度误差（Δ_{Cir}）①	8/0	8/0

（续）

序号	检查项目	第三、第二质量标杆 *n/Ac*	第一质量标杆 *n/Ac*
3	滚针单一长度偏差（Δ_{Lws}）	125/0	125/2
4	圆柱表面凸出量	8/0	8/0
5	工作表面外观质量	125/0	125/0
6	非工作表面外观质量	125/0	125/2
7	残磁限值	125/0	125/0
8	滚针规值批直径变动量（V_{DwL}）	随机抽取 25 根滚针检验，其 V_{DwL} 应符合有关标准要求	
9	滚针规值批长度变动量（V_{LwL}）	随机抽取 25 根滚针检验，其 V_{LwL} 应符合有关标准要求	

① 圆度检验依据企业标准。

表 14　圆柱滚子检查项目

序号	检查项目	第三、第二质量标杆 *n/Ac*	第一质量标杆 *n/Ac*
1	单一平面滚子平均直径偏差（Δ_{Dwmp}）	125/0	125/2
2	单一平面滚子直径变动量（V_{Dwp}）	125/0	125/2
3	两端平均直径差（$\Delta_{D1wmp}-\Delta_{D2wmp}$）	125/0	125/2
4	圆柱表面凸出量	8/0	8/0
5	圆度误差（Δ_{Cir}）①	8/0	8/0
6	滚子端部对外表面的跳动（S_{Dw}）	125/0	125/3
7	滚子单一长度偏差（Δ_{Lws}）	125/0	125/2
8	工作表面残磁限值	125/0	125/0
9	倒角	125/3	125/5
10	残磁限值	125/3	125/5
11	非工作表面外观质量	125/3	125/5

（续）

序号	检查项目	第三、第二质量标杆 n/Ac	第一质量标杆 n/Ac
12	滚子规值批直径变动量（V_{DwL}）	随机抽取 25 个滚子检验，其 V_{DwL} 应符合有关标准要求	
13	滚子规值批长度变动量（V_{LwL}）	随机抽取 25 个滚子检验，其 V_{LwL} 应符合有关标准要求	

① 圆度检验依据企业标准。

表 15　圆锥滚子检查项目

序号	检查项目	第三、第二质量标杆 n/Ac	第一质量标杆 n/Ac
1	单一平面滚子平均直径偏差（Δ_{Dwmp}）	125/0	125/2
2	单一平面滚子直径变动量（V_{Dwp}）	125/0	125/2
3	圆度误差（Δ_{Cir}）①	8/0	8/0
4	滚子端部对外表面的跳动（S_{Dw}）	125/1	125/3
5	圆锥角偏差（$\Delta_{2\phi}$）	125/0	125/2
6	滚子单一长度偏差（Δ_{Lws}）	125/3	125/5
7	母线凸出量及球形端面形状	8/0	8/0
8	工作表面外观质量	125/0	125/0
9	非工作表面外观质量	125/3	125/5
10	倒角	125/3	125/5
11	残磁限值	125/3	125/5
12	滚子规值批直径变动量（V_{DwL}）	随机抽取 25 个滚子检验，其 V_{DwL} 应符合有关标准要求	
13	滚子规值批圆锥角变动量（$V_{2\phi L}$）	随机抽取 25 个滚子检验，其 $V_{2\phi L}$ 应符合有关标准要求	

① 圆度检验依据企业标准。

表 16　球面滚子检查项目

序号	检查项目	第三、第二质量标杆 *n*/*Ac*	第一质量标杆 *n*/*Ac*
1	单一平面滚子平均直径偏差（Δ_{Dwmp}）	125/0	125/2
2	单一平面滚子直径变动量（V_{Dwp}）	125/0	125/2
3	圆度误差（Δ_{Cir}）①	8/0	8/0
4	滚子单一长度偏差（Δ_{Lws}）	125/3	125/5
5	滚子端部对外表面的跳动（S_{Dw}）	125/1	125/3
6	滚动表面与球形端面形状	8/0	8/0
7	工作表面外观质量	125/0	125/0
8	非工作表面外观质量	125/3	125/5
9	倒角	125/3	125/5
10	残磁限值	125/3	125/5
11	滚子规值批直径变动量（V_{DwL}）	随机抽取 25 个滚子检验，其 V_{DwL} 应符合有关标准要求	
12	滚子规值批长度变动量（V_{LwL}）	随机抽取 25 个滚子检验，其 V_{LwL} 应符合有关标准要求	

① 圆度检验依据企业标准。

表 17　特大型滚动轴承、轴承零件关键项目

序号	检查项目	各等级质量标杆			
		n			*Ac*
		外圈	内圈	滚动体	
1	硬度	2	2	4	0
2	金相组织	1	1	2	0
3	工作表面粗糙度	1	1	2	0
4	工作表面烧伤	5	5	10	0

（续）

序号	检查项目	各等级质量标杆			
		n			Ac
		外圈	内圈	滚动体	
5	裂纹①	5	5	10	0
6	错缺零件	5	5	5	0
7	材料不符	5	5	5	0
8	实物质量与明示标准（标识）不符②				

① 外观检查时不允许出现目测可见的裂纹，酸洗检验发现的裂纹也不允许。
② 无合格证产品为不合格品。

表 18　特大型滚动轴承、轴承零件主要检查项目各等级质量标杆

序号	产品类型及公差等级	检查项目	n/Ac
1	所有类型	内径偏差及变动量（Δ_{dmp}、Δ_{ds}、V_{dsp}、V_{dmp}、$\Delta_{d1mp}-\Delta_{d2mp}$）	5/0
2	所有类型	外径偏差及变动量（Δ_{Dmp}、Δ_{Ds}、V_{Dsp}、V_{Dmp}、$\Delta_{D1mp}-\Delta_{D2mp}$）	5/0
3	向心轴承	内圈滚道与内孔间的厚度变动量（K_i）	5/0
4	向心轴承	外圈滚道与外表面间的厚度变动量（K_e）	5/0
5	推力轴承	轴（座）圈滚道与背面间的厚度变动量（S_i、S_e）	5/0
6	向心轴承	径向游隙（G_r）	5/0
7	圆锥滚子轴承、推力调心滚子轴承	（成套）轴承实际宽度偏差（Δ_{TS}）	5/0
8	推力和角接触球轴承	轴圈沟道斜向圆跳动（N_i）、座圈沟道斜向圆跳动（N_e）	5/0
9	推力滚子轴承轴圈	滚道斜向圆跳动（N_i）、大挡边内表面斜向圆跳动（N_f）座圈滚道斜向圆跳动（N_e）	5/0
10	所有类型	装配倒角极限的下极限偏差	5/0

表 19　特大型关节轴承成品主要检查项目各等级质量标杆

序号	产品类型	检查项目	*n/Ac*
1	向心、角接触和推力关节轴承	内径偏差及变动量（Δ_{dmp}、V_{dsp}、V_{dmp}）	5/0
		外径偏差及变动量（Δ_{Dmp}、V_{Dsp}、V_{Dmp}）	5/0
2	杆端关节轴承	内径偏差及变动量（Δ_{dmp}、V_{dsp}、V_{dmp}）	5/0
		杆端中心高	5/0
		螺纹公差	5/0

表 20　特大型滚动轴承、轴承零件次要检验项目

序号	检查项目	第三、第二质量标杆 *n/Ac*	第一质量标杆 *n/Ac*
1	内圈宽度偏差及变动量（Δ_{Bs}、V_{Bs}）	5/0	5/1
2	外圈宽度偏差及变动量（Δ_{Cs}、V_{Bs}）	5/0	5/1
3	配合表面及端面表面粗糙度	5/0	5/1
4	轴承零件间保证间隙	5/0	5/1
5	旋转灵活性	5/0	5/1
6	残磁限值	5/0	5/1

表 21　特大型关节轴承次要检验项目

序号	检查项目	第三、第二质量标杆 *n/Ac*	第一质量标杆 *n/Ac*
1	内圈宽度偏差及变动量（Δ_{Bs}、V_{Bs}）	5/0	5/1
2	外圈宽度偏差及变动量（Δ_{Cs}、V_{Bs}）	5/0	5/1
3	配合表面及端面表面粗糙度	5/0	5/1
4	径向游隙①	5/0	5/1
5	旋转灵活性	5/0	5/1

（续）

序号	检查项目	第三、第二质量标杆 *n/Ac*	第一质量标杆 *n/Ac*
6	外观质量	5/0	5/1
7	残磁限值	5/0	5/1

① 径向游隙按计算游隙考核。

表 22　密封深沟球轴承防尘、漏脂、温升试验

检验项目	第三、第二质量标杆	第一质量标杆
防尘性能	*n/Ac* ＝ 8/0	*n/Ac* ＝ 8/1
漏脂性能	*n/Ac* ＝ 8/0	*n/Ac* ＝ 8/1
升温性能	*n/Ac* ＝ 8/0	*n/Ac* ＝ 8/1

第七条　“产品质量标杆”验收是指某种产品质量所达相应标杆级别。

第八条　产品质量达标的试验检测，由国家或地区或省（市）的轴承质量检测单位承担。目前具有轴承质量检测资格的单位有：国家轴承质量监督检验中心、机械工业轴承产品质量检测中心（上海）、机械工业轴承产品质量检测中心（杭州）、机械工业轴承产品质量检测中心（东北）、江苏省轴承产品质量监督检验中心。根据回避原则，各轴承质量检测单位，除依托单位外，对其他单位提供的检测数据均为有效。

第九条　各企业应针对本企业产品质量实际情况制订出相应的产品质量跨标杆和品牌质量跨标杆攻关计划，中国轴承工业协会不统一下达任务。

第十条　各企业在产品达到相应标杆规定时，可在每年的 10 月底前，向中国轴承工业协会提出申报，由协会秘书处组织名牌推进委员会专家进行审定。第 4 季度由中国轴承工业协会公布企业跨质量标杆成果名单，并向企业颁发相应产品质量标杆验收证书。

第十一条　各企业申报“产品质量验收”所报资料为：①企业基本情况表；②轴承产品质量检测单位出具的符合本条例第四、五、六条规定的检测试验有效数据；③企业质量管理体系认证有效证明资料，各企业近两年参加国家监督抽查和行业督促检查检测试验数据亦视同有效。

第十二条　本办法解释权属中国轴承工业协会，其他未尽事宜可咨询中国轴承工业协会秘书处。

表 23　企业基本情况

企业名称		法人代表		企业性质	国有为主□　民营为主□ 外资为主□			
省（市、区） 行业归口单位		常年平均 职工总数	管理人员 技术人员 工人		单位职工 平均年收入			
产品类型		球轴承	滚子轴承	外球面轴承	关节轴承	滚动体	其他	合计
销售收入 / 万元	上二年							
	上一年							
	本年度							
产量 / 万套	上二年							
	上一年							
	本年度							
利税 / 万元	上二年							
	上一年							
	本年度							
出口创汇 / 万美元	上二年							
	上一年							
	本年度							
出口数量 / 万套	上二年							
	上一年							
	本年度							

表 24　每类轴承产品按下列尺寸段选择检测代表轴承型号

微型	$D \leqslant 26$mm
小型	$26\text{mm} < D < 60\text{mm}$
中小型	$60\text{mm} \leqslant D < 120\text{mm}$
中大型	$120\text{mm} \leqslant D < 200\text{mm}$
大型	$200\text{mm} \leqslant D < 440\text{mm}$
特大型	$D \geqslant 440$mm

附件 0　全国轴承行业精品轴承达标活动总结和安排㊀

1. 精品轴承达标活动的由来

全国滚动轴承标准化技术委员会、中国轴承工业协会技术委员会和国家轴承质量监督检验中心联合组织，从 2000 年启动精品轴承达标认证工作。依据全国滚动轴承标准化技术委员会技术文件 CSBTS　TC98.76—2001《精品轴承　技术条件》，由企业自愿申请，按照“严格考核、宁缺毋滥”的原则，截至 2009 年底共有 14 家企业的 31 组轴承获得精品轴承达标认证证书。获证企业的品牌知名度得到很大提高，同时也促进了企业对轴承产品质量提出更高的要求。

按照《精品轴承　技术条件》的要求，由国家轴承质量监督检验中心到各申报企业现场抽取轴承进行检测和试验。精品轴承的产品结构应符合行业经生产验证的优化设计图样；或者生产企业自行开发设计，其主要参数和结构性能经生产验证，实际水平已达到国际先进水平或优化设计水平的图样。精品轴承的尺寸精度、旋转精度、振动、热处理质量、寿命可靠性等质量指标都有较高要求。

2. 精品轴承考核办法

依据 CSBTS　TC98.76—2001《精品轴承　技术条件》，精品深沟球轴承的尺寸精度要求 100% 达到 P4 级精度等级，各项旋转精度亦有不同较高要求；振动（速度）要达到 V3 组或振动（加速度）要达到 Z3 组要求。精品圆锥滚子轴承精度等级要达到 P6，达到 CSBTS　TC98.77—2001《滚动轴承　产品质量分等》规定的优等品水平。精品轴承零件淬回火显微组织不大于 3 级，同一零件硬度相互差亦有严格要求。除此之外，最重要的指标是寿命和可靠性，深沟球轴承基本额定寿命的试验值 L_{10t} 与基本额定寿命 L_{10} 之比（K）大于 12，圆锥滚子轴承基本额定寿命的试验值 L_{10t} 与基本额定寿命 L_{10} 之比（K）大于 8，可靠度 R 大于 99.5%，才能获得认可。

精品钢球按照《精品钢球　技术条件》执行，精品钢球必须是 G5 级以上（含 G5 级）钢球，其技术指标有较高要求。其寿命可靠性的试验方法是选定质量可靠的轴承内、外圈、保持架合套后，按照 CSBTS　TC　98.88—2004《滚动轴承　钢球寿命及可靠性试验规程》对成品轴承进行可靠性试验，合套轴承的寿命可靠性指标符合《精品轴承　技术条件》的要求。

㊀ 摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

3. 精品轴承考核结果

已经取得精品轴承达标认证的共有 14 家企业的 21 种规格型号 31 组轴承产品，其中，精品深沟球轴承 8 种规格型号 15 组轴承，精品圆锥滚子轴承 6 种规格型号 9 组轴承，精品钢球 4 种规格型号 4 组钢球，精品汽车轮毂轴承 3 种规格型号 3 组轴承。下表为近 10 年来精品轴承寿命可靠性试验结果。

精品轴承寿命可靠性试验结果

年份	企业	轴承型号	N/ 套	L_{10t}/h	K	R（%）
2001	重庆长江轴承工业有限公司	6304	12	1 200	12	99.7
		63/28	12	1 200	12	99.7
	洛阳东升轴承有限公司	L45449/10	12	329	12	99.7
2002	人本集团有限公司	63/28 P53	10	828	12	99.8
	江门机械设备（轴承）有限公司	6201-2RZ/P5Z4	10	829	12	99.8
		6202-RZ	10	780	12	99.8
2003	浙江八环轴承有限公司	63/28/PS	12	1 000	12	99.7
	江门机械设备（轴承）有限公司	63/28P5Z2	8	1 123.5	12	99.7
	山东东阿钢球有限公司	7.9380 G5(6204/P53)	10	1 200	12	99.5
		3.9690 G5（608-2RZ/Z3）	8	1 200	12	99.5
2004	重庆长江轴承工业有限公司	6304/P5CS14	12	1 055	12	99.9
		63/28/P5	12	740	12	99.9
	洛阳东升轴承有限公司	L45449/10	8	655	12	99.9
	山东东阿钢球有限公司	5.9530 G5(6202/P53)	8	1 064	12	99.5
	芜湖人本集团有限公司	TM63/32—2RSN	8	1 718	12	99.9
2005	大连冶金轴承集团公司	HM518445/10	8	960	8	99.5
	乐清市轴承有限公司	R45-Z	8	1 212	12	99.5
		46T080805	8	983	12	99.5

（续）

年份	企业	轴承型号	N/套	L_{10t}/h	K	R（%）
2006	张家港市AAA轴承有限公司	6308-2RZ	8	1 644	12	99.9
2007	江苏通用钢球滚子有限公司	11.1125 G5(6207)	8	771	12	99.9
2008	临沂开元轴承有限公司	32008	8	370	8	99.5
	重庆长江轴承股份有限公司	63/28/P5/H	8	1 200	12	99.9
		6304/P5CS14/H	8	1 200	12	99.9
		TM6206EY-2RS/P6Z2	8	1 200	16	99.9
		TM6205YA1-TN/P6CS18Z2	8	1 200	16	99.9
		2DACF028G	4			
		89544B	4			
	浙江四通轴承集团有限公司	LM67048/LM67010	10	400	10	99.9
2009	韶关东南轴承有限公司	DAC42820036C			6	
	临沂开元轴承有限公司	32008KS/P6X	8	383	8	99.5
	大连冶金轴承股份有限公司	HM518445/HM518410	8	960	＞8	＞99.5

精品深沟球轴承多以小尺寸段轴承为主，从6201、6202、6203、6304到6308。尺寸精度、振动、寿命和可靠性等方面，国产小尺寸段轴承质量和稳定性较好，与进口轴承质量的差距正在缩小，在很多使用场合可以替代进口轴承，并且出口到国外。摩托车轴承63/28共有多组创精品轴承，可见该轴承用户要求较高，且需求量较大。

精品圆锥滚子轴承多为英制轴承，多用于汽车轮毂、变速器和差速器上。从检测及试验情况看，国产圆锥滚子轴承的精度及寿命可靠性也有较大的提高，完全可以替代进口轴承。

精品钢球都是小规格钢球，合套轴承都为小尺寸段轴承，且钢球精度及振动、合套轴承的寿命可靠性都较高。

汽车轮毂（2代、3代）精品轴承也异军突起，已加入我国精品轴承的达标

认证行列。检验和试验的结果均表现不凡。

从精品轴承检测及试验分析来看，要取得精品轴承认证有一定的难度。寿命可靠性是轴承总体质量的体现，是精品轴承的最重要指标。要想达到这个指标，必须从产品设计入手，选择优质原材料，采用先进的成套制造装备，严格工艺纪律，才能取得较好的质量。轴承振动指标还需继续努力，以求能稳定达到 V3 组。

4. 考核结果引发的思考

（1）精品轴承达标生产企业的特点

1）无论是深沟球轴承还是圆锥滚子轴承，其生产模式为套圈成形以冷辗，磨加工以磨超短线连线，装配以自动装配为主。

2）获证企业不仅通过了 ISO9000、TS16949 质量体系认证，省级技术中心认可，而且部分企业还获得了国家实验室认可证书，说明这些企业无论是从产品开发、试验研究还是质量管理都上了一个大的台阶。

3）主导产品 80% 销售到前市场，即为主机配套。由于主机厂对产品质量持续不松懈的要求，使得生产企业在质量管理体系、产品质量检验等方面持续改进，这对产品质量的不断提高起到了积极作用。

（2）生产设备和加工工艺的比较　1996 年日本 NSK 轴承公司在江苏昆山投资建厂，成立昆山 NSK 轴承工厂。一期工程共建有 9 条自动生产线，其中 1 条深沟球轴承生产线月生产能力 50 万套，该生产线共由 12 台磨削和超精加工设备组成，并有 2 台机外检测仪器。其中内圈 7 台（2 台内径磨床、3 台内滚道磨床、2 台内滚道超精机），外圈 5 台（3 台外滚道磨床、2 台外滚道超精机）。同时磨削液和超精油在各自 30t 的罐内进行集中过滤，循环使用，过滤精度不超过 10μm。正是由于该生产线加工设备的合理配备，规范的加工工艺，使得轴承的生产节拍恰到好处。对于低噪声轴承，清洁的磨削液和洁净的超精油也是保证产品质量另一因素。最终确保轴承产品质量稳定。

虽然，国内磨超连线技术也取得了长足的进步，精品轴承的生产中，部分厂家采用与 NSK 公司类似的长线或复线生产。先后出现了 9 台、15 台、21 台和 25 台机床等组合形成的磨超自动生产线，其内圈内沟磨床、内径磨床、机外检测机、外沟磨床、外沟超精机、内沟超精机台数分别为 1、2、2、1、2、1，2、3、3、2、3、2，3、4、4、3、4、3 和 4、5、5、3、5、3。随着国产高档轴承设备的稳定性提

高，已有逐渐从自动化生产线向自动化生产工段过渡的趋势，采用复合自动化生产线生产的轴承，其产品精度一致性和生产效率均有显著提高。这些轴承设备制造企业的主要企业新乡日升数控轴承装备股份有限公司、无锡机床股份有限公司及上海莱必泰数控机床股份有限公司等为行业精品轴承生产做出了贡献。但是，目前国内大部分生产企业的磨超连线基本上都是短线，常常由5台加工设备组成，外圈2台（沟磨床和超精机），内圈3台（内径磨床、内沟磨床和超精机）。运行期间的匹配节奏和生产效率与NSK中国工厂有差距，反映在产品质量上就会有波动。解决该类自动生产线上外圈沟道和内径加工节奏相对较慢的问题，使整条自动生产线的各工序节奏更加协调一致，还需进一步努力。

通过调查了解到，国内的钢球生产设备与国际水平已经相当接近，生产的钢球尺寸精度和振动及稳定性，与国外公司的产品质量相当。除了我国的钢球生产企业外，日本椿中岛、日本AKS及美国NN公司等相继在国内组建钢球厂，为世界著名的轴承公司提供钢球产品，其光、磨、研设备也基本上是采用我国企业生产的成套设备。

（3）产品未达标的主要原因　自2000年起开展精品轴承达标活动以来，申请达标产品以深沟球轴承和圆锥滚子轴承为主，申请的企业数和产品数超过14家的21个产品。精品轴承达标检验的宗旨就是允许生产企业自行准备，国家轴承质量监督检验中心到现场抽样。所以就其轴承产品的尺寸精度、旋转精度、振动噪声和热加工质量基本满足《精品轴承　技术条件》的要求，甚至部分指标达到国际先进水平，反映出我国小型轴承制造设备已经达到或接近国际先进水平。由于是企业自愿申请，当然也是完全能够满足相关技术要求，才能颁发达标证书。那些没有颁发达标证书，但实际也进行了相关检测和试验，只不过检测和试验的结果未能满足要求而已。在没有满足相关要求的指标中，主要是轴承寿命。

5. 广泛深入地开展精品轴承达标活动

“十二五”期间，要在总结发扬“十五”、“十一五”期间开展精品轴承达标活动经验的基础上，更加广泛深入地开展精品轴承达标活动，使精品轴承达标发展到精品轴承工程。为此，要努力做到三个结合、抓好三个关键。

（1）做到三个结合

1）要与“十二五”期间开展的提高轴承寿命和可靠性、滚子轴承减振降噪、轴承抗疲劳制造三项行业共性技术联合攻关紧密结合，成为联合攻关的一项重要内容。

2）要与“十二五”期间产业升级紧密结合。把精品轴承达标，作为促进企业设计、制造水平全面提高，实现产业升级的重要举措。精品轴承认证的范围要从深沟球轴承、圆锥滚子轴承、汽车轮毂轴承和钢球扩大到各类轴承，实现全覆盖。

3）要与赶超国际先进水平相结合。要通过精品轴承达标认证，找准国产轴承和发达国家跨国轴承公司轴承产品的差距，从而明确赶超的方向。

（2）抓好三个关键　针对精品轴承达标的“瓶颈”，即轴承的寿命和可靠性，抓好材料、热处理和磨超加工三个关键环节。

1）要抓好轴承钢材料质量。要推动标准主管部门制订普通、优质、高级轴承用钢三个质量控制标准。要加强对 Ti、Pb、Sn、Ca 及 Al 等有害元素含量、点状不变形夹杂物最大平均尺寸、热轧材网状碳化物级别及热轧钢材表面脱贫碳层等重要项目的控制。开展对采用连铸法生产滚动体（尤其是钢球）用钢的生产工艺、检验方法及质量控制的研究。

2）要抓好先进热处理工艺的应用。要推广应用光亮节能退火、可控气氛热处理、真空热处理、模压淬火和贝氏体淬火等先进热处理工艺和装备。热处理质量检验技术要与国际先进标准接轨，如对退火、淬回火组织级别评定，光学显微镜由放大 500 倍改为放大 1 000 倍，控制残留奥氏体含量等。

3）要抓好磨超加工的自动化、智能化。要扩大磨超加工自动生产线的应用数量和应用范围，提高磨超加工自动生产线的数字化、自动化和智能化水平，提高工序能力指数，从而提高轴承加工精度和一致性。

在以科学发展为主题，加快转变经济发展方式为主线的“十二五”，我们要更加广泛深入地开展精品轴承达标活动，提高国产轴承的国际竞争力，为早日建成世界轴承强国作出贡献。

附件 P　全国轴承行业“十二五”轴承钢发展规划㊀

一、全国轴承行业轴承钢供需情况

（一）国产轴承钢种类

1. 高碳铬轴承钢

GCr15、GCr15SiMn、GCr15SiMo、GCr18Mo。

㊀ 摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

2. 渗碳轴承钢

G20Cr2Ni4（A）、G20CrNiMo（A）、G20CrNi2Mo（A）、G10CrNi3Mo（A）、G20Cr2Mn2Mo（A）。

3. 高温轴承钢

Cr4Mo4V。

4. 高碳铬不锈钢

9Cr18、9Cr18Mo。

5. 中碳轴承钢（目前国家标准正在制定中）

G56Mn、G70Mn、G42CrMo。

以上5类轴承钢中，高碳铬轴承钢的用量占95%。

（二）全国轴承行业企业历年销售额和轴承钢消耗量

年 份		2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
主营销售额	销售额/亿元	320	446	520	620	760	880	920	1260
	同比增长		39.4%	16.6%	19.2%	22.6%	15.8%	4.5%	37.0%
轴承钢消耗量	消耗量/万t	133.4	158.0	182.9	192.4	227.6	195.9	227.0	294.0
	同比增长		18.4%	15.8%	5.2%	18.3%	-13.9%	15.9%	29.5%

预计2015年全国轴承行业轴承钢消耗量将达到470万t。

（三）国内特钢企业生产轴承钢情况

（单位：t）

年份/钢厂	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
本特	18 337	30 054	59 197	23 689	32 696	5 310	34 713	69 638
东特	287 452	442 169	513 753	412 160	368 172	320 474	323 237	463 344
首特		3 601	1 003	203	123	13	59	0
上五	147 114	137 347	116 618	133 781	148 035	132 565	96 522	140 317
新冶钢	87 601	119 757	115 556	166 834	214 549	187 955	250 000	302 484

（续）

年份 / 钢厂	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
西宁轴承	44 901	37 817	38 358	47 243	78 349	95 067	73 900	68 762
巨能			49 911	32 388	116 942	163 078	167 035	227 466
长城	15 947	8 941	4 769	8 791	8 381	1 508	1 765	1 348
重特	16	26	84	73	108	0	0	0
贵阳轴承	3 983	1 923	6 791	9 976	7 989	10 603	2 285	9 040
兴澄	333 992	307 926	268 663	299 324	333 810	356 926	411 361	550 000
钢钢	198 836	210 617	217 279	251 510	303 938	263 054	255 689	174 664
莱钢（特）	18 338	12 841	41 852	14 141	14 289	10 856	8 785	8 426
太钢	345	302	19	0	1 577	0	0	0
衡阳（管）	70	111	154	170	120	140	25	0
中原特	4 823	4 526	3 986	1 944	670	586	1 063	1 873
齐鲁特			24 835	25 137	24 195	21 812	45 420	0
石钢	3 956	27 246	39 213	140 259	267 885	254 129	330 000	308 904
南钢		14 684	51 976	63 231	95 268	82 461	149 059	261 404
淮钢		5 425	12 857	7 744	73 788			(64 356)
豫永通	168 427	214 730	258 793	271 181	57 300	4 720	27 088	0
鄂钢			3 211	13 988	20 122	22 284	4 325	150 097
石横					33 876	26 568	1 901	0
苏钢						74 043	85 464	133 650
沙钢					73 788	66 007	14 591	64 356
重庆东华					108	61	57	70
合计	1 334 138	1 580 043	1 828 878	1 923 767	2 275 970	1 959 438	2 269 776	2 939 783

二、我国轴承钢现状

（一）我国轴承钢水平和质量取得长足进步

自20世纪80年代初期以来，我国轴承钢标准不断提升，从YB9—1968（原苏联标准体系）标准转变到以欧、美标准体系为基础的标准，其演变过程为：YB9—1968→YB（T）1—1980→YJZ84（两部协议）→GB/T18254—2000（轴承钢总体国家标准）→GB/T 18254—2002（轴承钢总体国家标准）。在GB/T18254总体国家标准的基础上，又制定了钢丝国家标准GB/T 18579—2001和无缝轴承钢钢管标准YB/T 4146—2006。

随着冶炼设备水平的提高和真空脱气工艺技术的应用，以及新国家标准的实施，我国轴承钢的冶金质量上了一个台阶，在一些技术和质量指标方面已达到或接近国外的先进水平。

氧含量由原来电炉钢的（30～40）$\times10^{-6}$下降到真空脱气模铸钢的（8～15）$\times10^{-6}$和连铸钢的（4～12）$\times10^{-6}$。

近10年来，兴澄特钢与SKF、舍弗勒等世界著名的轴承公司合作，利用优良的装备，并与我国的钢铁研究总院、国外奥钢联等著名钢铁研究机构合作，形成了较完整的工艺技术，钢材质量有了很大的提高，已成功取得了SKF、舍弗勒等世界著名的轴承公司的认可并大批量供货，目前合作的领域和数量不断扩大。

（二）我国轴承钢与国外先进水平存在较大差距

1. 轴承钢标准水平低

我国国产轴承钢从标准水平上仍与发达国家有较大差距。

我国长期以来由于受到冶炼技术及工艺装备的限制，对于占轴承钢总量95%以上的高碳铬轴承钢，仅有单一的材料标准，而且该标准相当于国外先进国家20世纪80年代初的水平，这就无法针对轴承的使用寿命和可靠性不同要求来选择材料。

与SKF D33—1标准相比，差距在GB/T 18254—2002对有害元素含量未作限制，宏观夹杂物未列为必检项目，微观夹杂物氮化钛及碳氮化钛不评级，热轧钢材不要求检查网状，表面缺陷不用无损探伤检查而用目视检查，微观夹杂物、脱碳、尺寸允许偏差、弯曲度、圆度等均控制较松。

2. 工艺技术和工艺装备落后

在工艺技术和装备上与国外先进企业的主要差距为：

1）冶炼装备容量小，电炉变压器功率小，熔炼时间长，生产率低，电耗高，

工艺还未最佳化。加热、成分微调等功能尚未应用，宏观及微观成分偏析较大。

2）连铸坯的尺寸小，压缩比不够。

3）有的厂轧机为老式的横列式轧机，刚度不够，不能实现控轧和控冷，尺寸精度低，网状难于控制。

4）有些厂家无连续轧机组，大钢锭或连铸坯成小材时，加热次数多，消耗高，成材率低，表面脱碳严重。

5）钢坯检测和清理未能实现机械化或半自动化，表面裂纹等缺陷经常漏检并留在钢材上。

6）大多数企业没有钢锭或连铸坯高温扩散设备或工装不匹配，无法对碳化物的不均匀性实施进一步改善。

3. 质量管理和质量控制不严

由于质量管理和质量控制不严，有的特钢企业生产的轴承钢达不到现行标准，一些严重缺陷反复出现，包括：

1）钢材表面缺陷：材料裂纹、折叠裂纹、麻点（坑）、夹渣、异金属夹杂、表面脱碳及发纹。

2）钢材低倍缺陷：缩孔（管）残余、翻皮、疏松、气泡、偏析、白点、宏观夹杂及内裂。

3）钢材高倍缺陷：点状夹杂物、塑性硅酸盐夹杂物及显微孔隙。

4）碳化物不均匀：碳化物带状、碳化物液析、碳化物网状及退火组织不均匀。

这些缺陷都严重影响轴承的寿命和可靠性。

4. 连铸生产存在问题

轴承钢连铸技术与连铸法生产已成为世界各国生产轴承钢的发展方向。一些发达国家如美国、法国和日本等均早已使用连铸法生产轴承钢。我国使用连铸法生产轴承钢始于 20 世纪 80 年代。但真正开始采用连铸法生产轴承钢是 2002 年以后。由于上的生产厂家较多，难免技术水平参差不齐，装备水平差别很大，各厂的连铸坯大小不一，致使以连铸法生产的轴承钢质量相差很大。质量差的生产厂家所生产的钢材缺陷主要表现在低倍组织和中心部位的碳化物不均匀，由于轧制比小，钢材的致密度较差，往往导致低倍组织（指一般疏松、中心疏松和偏析）不合格。又因连铸钢与模铸钢结晶状况不同，连铸钢易产生中心碳偏析，加之高温扩散退火的装备或工艺跟不上，常常导致钢材中心部位的碳化物不均匀（碳化物带状、碳化物网状和碳化物液析）严重超标，给轴承厂家生产的轴承质量造成

很大的潜在危害。

5. 轴承钢研发力度小

我国使用的轴承钢种类几十年一贯制，仅在20世纪90年代开发了两种新钢种：GCr15SiMo、GCr18Mo。这种状况，严重影响了轴承行业对不同使用要求的重大装备的配套能力。

而国际跨国轴承公司多年来在轴承钢的研发上投入大，成果多。如SKF公司把高碳铬轴承钢下贝氏体等温淬火工艺应用于铁路轴承、轧机轴承及其他在特殊工况下使用的轴承，开发了适合于下贝氏体淬火的钢种SKF24、SKF25和100Mo7。日本NSK公司、KOYO公司为提高轴承在污染润滑条件下工作的轴承的疲劳寿命，开发了NSJ2钢和TF系列钢（HTF、STF、NTF），几倍甚至十倍地提高了轴承在污染润滑条件下的寿命。为解决高碳铬不锈钢9Cr18（AISI440）、9Cr18Mo（440C）在热处理时易产生粗大共晶碳化物，导致影响轴承的韧性、耐蚀性和疲劳寿命的问题，德国FAG公司、日本NMB公司和KOYO公司开发了0.7C-13Cr马氏体不锈钢。为解决准高温条件下工作的轴承使用高温轴承钢成本高的问题，日本NTN公司、KOYO公司分别开发了适合在150～180℃准高温条件下工作的NTJ2、KUJ7钢等。

6. 体制机制和管理上存在诸多问题

我国轴承行业每年使用的200万t多轴承钢是由20多家特钢企业生产的。这些企业在技术水平、工艺装备水平和质量保证能力等方面良莠不齐。由于没有严格的生产准入制度，有些无论在生产规模、技术水平、工艺装备水平和质量保证能力等方面根本不具备生产轴承钢这种高品质钢的企业也在生产轴承钢。

长期的卖方市场，使轴承钢质量缺乏第二方、第三方监督。绝大多数轴承生产企业采购轴承钢材没有对供货厂家进行质量保证能力调查和认可。绝大多数中小轴承企业没有轴承钢进厂检验的能力，仅以特钢企业质量保证书为依据。多数特钢企业的质量保证书真实可信，但也有少数特钢企业的质量保证书存在造假的情况。有的轴承生产企业反映，有一家特钢厂生产的钢材，几个炉号的质量保证书上都标明氧含量在15×10^{-6}以下。但这家轴承生产企业将这几个炉号的钢材的试样送到钢铁研究总院化验，有的炉号的钢材的氧含量高达35×10^{-6}。这种情况不是个别的。

一些大型企业进厂检验不合格而退货的钢材，最后都流到没有钢材进厂检验

手段的中小轴承生产企业。一家特钢企业的负责人披露："轴承行业退货的不合格轴承钢材，特钢企业没有回炉重炼过 1t，全都降价卖给其他轴承生产企业。"

三、"十二五"轴承钢发展目标和措施

（一）发展目标

"十二五"期间轴承行业对轴承钢的需求量将翻番，年需求量将达到 470 万 t 多。

轴承钢生产企业应加大技术改造和技术创新力度，提高工艺装备水平，淘汰落后产能，实现产业升级。在降低轴承钢中氧及有害元素含量，改善非金属夹杂物类型、大小、形状及分布状态，提高碳化物均匀性，提高钢材尺寸精度和表面质量方面有明显进步，长期反复出现的严重缺陷基本消除，轴承钢整体技术质量水平接近发达国家水平。完成航天、航空、铁路、汽车及风电等重大装备轴承专用钢材的研发，满足配套需求。形成符合轴承产业不同层次需求的高、中、低档轴承钢材合理配置的轴承钢产品结构。

（二）发展措施

1. 推动轴承钢标准向国际先进标准靠拢

尽快修订 GB/T18254—2002《高碳铬轴承钢》标准，向国际先进标准（如 SKF D33）靠拢。对非金属夹杂物和碳化物颗粒大小及分布状态、有害残留元素含量定量控制、宏观夹杂物列为必检项目，严加对微观夹杂物、脱碳、尺寸公差、弯曲度及圆度的控制。热轧钢材要求检查网状。尤其要规定对轴承使用寿命和可靠性影响最大的点状不变形夹杂物尺寸的控制指标。要规定制造钢球用连铸轴承钢丝的低倍组织评级方法。

将滚动轴承标委会技术文件《滚动轴承优质和高级优质真空精炼 GCr15 圆钢》上升为国家标准，形成普通、优质和高级优质三个不同质量等级的标准组成的高碳铬轴承钢系列标准，改变现在高碳铬轴承钢标准单一的情况。

2. 在关键技术研究和重点产品研发上取得突破

（1）关键技术研发

1）改善轴承钢中非金属夹杂物类型、尺寸及分布状态的研究。

2）准确反映轴承钢夹杂物与轴承寿命、可靠性关系的研究。

3）改善轴承钢中碳化物尺寸及分布状态的研究。

4）高纯净度、长寿命连铸轴承钢冶炼技术的研究。

5）细化轴承钢晶粒度控轧及热处理工艺的研究。

6）新型长寿命轴承钢材料的研究。

7）长寿命轴承钢特殊热处理技术的研究。

8）高质量及优质轴承钢材料中非金属夹杂物、碳化物等检验方法及检验技术的研究。

（2）重点产品研发

1）汽车、铁路、风电、航空航天及其他重大装备配套轴承用钢。

2）污染润滑条件下工作的轴承用钢。

3）准高温轴承钢。

4）中碳轴承钢。

5）高淬透性轴承钢。

6）连铸工艺生产的大型轴承用钢。

7）连铸工艺生产的轴承钢球用钢。

3. 推动特钢企业加强技术改造，提高工艺装备水平

1）鼓励和支持特钢企业通过技术改造采用先进工艺装备：

100t 以上超高功率电弧炉、LF 精炼炉、RH/VD 真空脱气炉；2 ～ 3 流大断面连铸机；中间包感应加热；结晶器和末端电磁搅拌；末端轻压下设备；高精度连轧机，配有：热装热送装置、长时间高温扩散装置、中间坯火焰清理、在线穿水控冷设备、较长的冷床、在线测径装置、成品精轧机；带保护气氛的连续式退火炉；轧后超声波、涡流、红外、磁粉或漏磁等无损探伤设备；高水平的检验设备。

2）淘汰落后工艺装备：

无 RH/VD 真空脱气；连铸坯断面小于 200mm^2 的方坯或相近面积的矩形坯；小于 3t 的钢锭；没有连轧机组的轧钢设备；无末端电磁搅拌装置；无末端轻压下设备；无长时间高温退火装置。

4. 建立轴承钢第二方（用户）监督评价体系和机制

1）中国轴承工业协会引导轴承生产企业在选择轴承钢材供货厂家时，对轴承钢材供货厂家的冶炼轧制工艺、工艺装备、检测检验和质量控制等进行调查评审，选择轴承钢材的合格供应方。

2）中国轴承工业协会和特钢协会联手，制定对轴承钢材供货厂家第二方评审的主要质量指标的控制水平和控制手段的评审标准，指导轴承生产厂家选择在轴承钢的纯净度控制、成分控制、碳化物控制、表面质量控制等方面达标的轴承

钢材生产厂家作为供货方。

3）中国轴承工业协会和特钢协会联手，每年对上一年度轴承生产厂家轴承钢材进厂检验和使用过程中发现的质量问题进行调查研究，调研材料形成后通过媒体向社会发布，形成社会舆论。

4）中国轴承工业协会牵头，组织科研院所、大学和大型企业建立行业中小企业（科技）公共服务平台，向没有轴承钢进厂检验能力的中小型企业提供轴承钢进厂检验的有偿服务。鼓励和支持瓦房店、洛阳、浙东、长三角及聊城等轴承产业集聚地区建立轴承质量检验中心，开展本地区中小企业轴承钢进厂检验委托业务。

5）中国轴承工业协会每年召开 1 ～ 2 次轴承钢供需双方交流研讨会，编印 2 ～ 4 期《轴承钢质量信息简报》，作为轴承钢供需双方交流互动的平台。在研讨会和简报上通报轴承钢材生产企业为提高轴承钢材质量，在技术改造、技术进步及加强管理等方面采取的改进措施和取得的效果；反映轴承生产企业对轴承钢质量的意见和要求。通过这种形式，形成轴承钢材供需双方交流互动的机制，变消极地处理质量纠纷为积极地交流互动，为提高轴承钢质量共同努力。

通过建立轴承钢第二方（用户）监督评价体系，促进特钢企业加强技术改造，推进科技进步，努力提高轴承钢质量；促进轴承钢材市场优胜劣汰机制的形成，使优势轴承钢材生产企业通过有序的市场竞争扩大市场份额，做强做大，使不具备生产轴承钢材这种高品质钢材的企业淘汰退出。

5. 大力发展关键领域轴承用钢

（1）风电轴承用钢　应尽快制定包括风电偏航、变桨轴承使用的钢材在内的中碳轴承钢的国家标准，通过标准提升风电偏航、变桨轴承用钢的水平和质量，以保证偏航、变桨轴承的长寿命和高可靠性。

研发符合风电增速器轴承、发电机轴承和主轴轴承的长寿命、高可靠性要求的高级优质高碳铬轴承钢 GCr15、GCr15SiMn、GCr18Mo 等，并用标准巩固研发成果，实现产业化。

研发并推广应用在污染润滑条件下使用的轴承用钢，如同日本 NSK 公司、KOYO 公司开发的 TF 系列（HTF、STF、NTF）轴承钢，用于制造风电增速器轴承。

（2）铁路货车轴承用钢　用真空脱气 G20CrNi2MoA 钢替代电渣重熔 G20CrNi2MoA 钢。20 世纪 70 年代末，我国从日本引进铁路货车轴承设计制造技术时，日本方面提供的产品设计图样上标明轴承内圈、外圈材料为真空脱气 G20CrNi2MoA 钢。

由于当时我国特钢厂工艺和装备落后，生产的真空脱气 G20CrNi2MoA 钢达不到要求，改为采用电渣重熔 G20CrNi2MoA 钢。电渣重熔钢需二次冶炼，增加了电耗和污染物排放。现在，我国特钢厂真空脱气技术和装备水平有了很大的提高，应通过进一步的技术改造，生产出达到日本、美国水平的真空脱气 G20CrNi2MoA 钢，取代电渣重熔 G20CrNi2MoA 钢。

研发耐冲击载荷高淬透性轴承钢，取代渗碳钢，生产铁路货车轴承。目前，我国生产的滚动轴承 95% 采用高碳铬轴承钢，只有铁路货车轴承、冶金轧机轴承等承受大冲击载荷的轴承采用具有高冲击韧性的渗碳轴承钢。而渗碳轴承钢含 Ni、Cr 等我国稀缺的贵重金属，钢材价格每吨比高碳铬轴承钢高出 50% 以上（3 000 多元 /t）。且热处理需要增加渗碳工序，制造成本很高。因而，“十二五”期间应研发和推广应用含贵重金属较少，不需要渗碳，冲击韧性和耐磨性好，硬度和强度高的新钢种，取代渗碳轴承钢，制造铁路货车轴承。

（3）铁路客车轴承用钢　向瑞典 SKF 公司学习，研发并推广应用适合于贝氏体淬火的新钢种，取代现在使用的 GCr18Mo。SKF 公司开发了适合于贝氏体淬火新钢种（SKF24、SKF25 和 100Mo7）。其淬火时采用较长的等温时间，淬后得到全下贝氏体组织。近年 SKF 又研制出一种新钢种 775V，并通过特殊的等温淬火，得到更均匀的下贝氏体，淬后硬度增加的同时韧性比常规等温淬火提高 60%，耐磨性提高 3 倍。

高速动车组轴承用钢，目前试制样品采用 G20CrNi2MoA（圆锥滚子轴承）、GCr18Mo（圆柱滚子轴承），是否适当，尚需进一步调研。

（4）汽车轴承用钢　研发并推广应用高纯净度、长寿命的 GCr15 高碳铬轴承钢，钢材标准纳入正式标准。严格控制钢的含氧量，非金属夹杂物和碳化物的尺寸、形状、分布均匀性，成分均匀性和断面收缩率（轧制比），各项指标达国际先进水平。

研发并推广应用在污染润滑条件下使用的轴承用钢，如同日本 NSK 公司、KOYO 公司开发的 TF 系列（HTF、STF、NTF）轴承钢，用于制造汽车变速器轴承。

研发并推广应用适宜于在 150 ～ 180℃的准高温区工作的准高温轴承钢，用于制造汽车发动机主轴轴承。

目前制造的汽车轮毂轴承单元采用的是普通中碳合金钢，如 55、65Mn 等，应加快制定中碳轴承钢国家标准，规定制造汽车轮毂轴承单元用钢的各项技术指标。

（5）航天轴承用钢　为了提高航天轴承的使用寿命和可靠性，应大力开展双真空法冶炼 9Cr18Mo 钢种的研制和推广应用工作，以及高氮不锈轴承钢的研制和推广应用工作。

目前我国使用的电渣重熔 9Cr18 钢在质量方面存在的主要问题如下：

1）共晶碳化物颗粒大、数量多，直接影响轴承的加工精度、热处理硬度及硬度的均匀性，降低了轴承的耐磨性、耐蚀性、使用寿命和可靠性。

2）经常出现孪晶组织，严重影响轴承的抗冲击性能。

（6）航空轴承用钢　国内航空发动机主轴轴承用钢采用双真空（真空感应炉 + 真空自耗炉）冶炼方法生产，质量大幅度提高，但与国外相比还有一定的差距，材料性能、质量和稳定性都还存在不少问题，例如 S8Cr4Mo4V 钢还存在碳化物分布不均匀等问题，需进一步提高双真空冶炼的工艺和工艺装备水平，使钢材质量达到国际先进水平。

在 9Cr18 基础上研发的降碳铬马氏体不锈轴承钢 65Cr13，通过降低碳、铬含量，大幅度减少共晶碳化物含量及尺寸，提高钢的接触疲劳寿命、硬度、冲击韧性和耐蚀性；研发高氮轴承钢 AMS5925，通过降低碳含量，加入氮元素，在钢中形成细小、弥散分布的高硬度碳氮化合物，同时减少共晶碳化物，提高钢的韧性、抗疲劳性能和耐蚀性。

附件 Q　全国轴承行业“十二五”节能减排技术指南㊀（试行）

第一章　导　言

一、编制目的

1）为企业开展节能减排对标工作提供标杆。

2）为企业的技术选择、改造以及技术转让提供信息参考。

3）为行业节能减排技术推广应用政策提供配套和索引。

二、适用范围

适用于企业技术领域的节能减排工作，包括新建项目的技术选择、已建项目

㊀ 摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

的技术改造等。

三、编制依据

我国轴承行业无能源资源的消耗标准，污染物排放按环保部门规定的标准执行。相应地，属于非高耗能、高污染的轴承行业，没有能源、资源和污染物排放的指导性门槛。

本指南提出轴承行业能源、资源消耗和污染物排放指导性指标，以利于企业对标，促进全行业的节能、降耗、减排、转变发展方式，实现科学发展。

综合能耗指标：先进水平 0.20 ～ 0.40t 标煤 / 万元工业增加值，一般水平 0.40 ～ 0.60t 标煤 / 万元工业增加值，落后水平＞ 0.60t 标煤 / 万元工业增加值。

资源消耗指标（轴承钢材料利用率）：先进水平 55%～70%，一般水平 40%～55%，落后水平＜ 40%。

污染物排放指标（工业废水）COD，先进水平≤ 100mg/L，一般水平≤ 150mg/L，落后水平＞ 150mg/L；石油类，先进水平≤ 10mg/L，一般水平≤ 20mg/L，落后水平＞ 20mg/L。

注：本指南提出的综合能耗指标高于机械行业的平均水平，是因为轴承产业的特殊性。

四、术语及定义

1. 材料利用率

材料利用率 = 成品零件重量（kg）÷ 工艺规定的材料定额

2. 标准煤

原煤、汽油、柴油、天燃气、电能按 GB/T 2589—2008《综合能耗计算通则》折算标准煤。标准煤也简称为标煤。

3. 综合能耗

万元工业增加值能耗＝年度总能耗（吨标煤）÷ 年度工业增加值（万元）

吨重产品能耗＝年度总能耗（t 标煤）÷ 年度轴承产品总重（t）

4. 工业废水 COD

中文名称：化学需氧量

英文名称：Chemical Oxygen Demand 简称 COD

水中有机物和还原性物质被化学氧化剂氧化所消耗的氧化剂量，折算成每升水样消耗氧的毫克数，用 mg/L 表示。该指标主要反映水体受有机物污染的程度。

5. 工业废水石油类

来源于生产过程排放的煤油、汽油及冷却液、清洗液、超精液及淬火液中含有的石油制品。

第二章　行业资源能源消耗及产排污情况

建国 60 多年来，我国轴承工业从无到有，从小到大，已形成较大的经济规模。2010 年全行业轴承产量 150 亿套，销售额 1 260 亿元，位居世界第三。

按规模划分，全行业规模以上企业（年销售额 500 万元以上）1 850 家。其中，轴承产品年销售额 10 亿元以上企业 8 家，年销售额 30 亿元以上企业 4 家。规模以下企业几千家，难以数计。

按产业链划分，有两种类型：一种是大型企业和部分中型企业，整个产业链的各工序加工，全部在本企业完成；另一种是部分中型企业和绝大部分小型企业，锻件、车加工件和其他零配件从专业生产厂家采购。

由于以上不同情况，各企业的资源能源消耗及产排污情况有很大的差别。本课题仅以全工序的大型企业为代表，研究行业的资源能源消耗及产排污情况。

一、资源消耗情况

（一）资源消耗的特点

轴承行业资源消耗最大量的是轴承钢。

1. 国产轴承钢种类

（1）高碳铬轴承钢　GCr15、GCr15SiMn、GCr15SiMo、GCr18Mo。

（2）渗碳轴承钢　G20Cr2Ni4（A）、G20CrNiMo（A）、G20CrNi2Mo（A）、G10CrNi3Mo（A）、G20Cr2Mn2Mo（A）。

（3）高温轴承钢　Cr4Mo4V。

（4）高碳铬不锈钢　9Cr18、9Cr18Mo。

（5）中碳轴承钢（目前国家标准正在制定中）　G56Mn、G70Mn、G42CrMo。

以上 5 类轴承钢中，高碳铬轴承钢的用量占 95%。

2. 全国轴承行业企业历年销售额和轴承钢消耗量

年 份		2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
主营销售额	销售额 / 亿元	320	446	520	620	760	880	920	1260
	同比增长		39.4%	16.6%	19.2%	22.6%	15.8%	4.5%	37.0%
轴承钢消耗量	消耗量 / 万 t	133.4	158.0	182.9	192.4	227.6	195.9	227.0	294.0
	同比增长		18.4%	15.8%	5.2%	18.3%	-13.9%	15.9%	29.5%

预计 2015 年全国轴承行业轴承钢消耗量将达到 470 万 t。

（二）资源消耗水平

资源消耗指标	国内落后水平	国内一般水平	国内先进水平	国际先进水平
轴承钢材料利用率（%）	30 ～ 40	40 ～ 55	55 ～ 70	≈ 75

二、能源消耗情况

（一）能源消耗特点

轴承行业能源消耗最大量的是电能，此外还有天然气、汽油、煤等。

在轴承制造过程，包括锻造→退火→车、辗加工→热处理（淬火、回火、渗碳等）→磨加工、超精加工→装配。

各工序耗电比例见图 1。

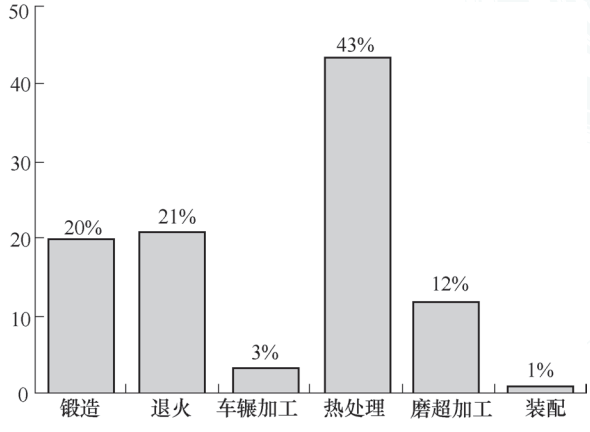


图 1　在轴承制造过程各工序耗电比例

按耗电从多到少：热处理、退火、锻工、车辗加工、磨加工、装配。

有较大的节能改造和余热回收利用空间工序为退火、锻造，其次是热处理。

（二）能源消耗水平

工序	单位	国内落后	国内一般	国内先进
锻造	kW·h	＞500	500～350	350～280
退火	kW·h	＞280	180～280	180～140
热处理	kW·h	＞600	450～600	＜450

注：热处理能耗包括前清洗、加热、淬火、热清洗、冷清洗、回火的能耗。

三、污染物排放情况

（一）污染物排放特点

轴承行业污染物排放主要是工业废水中的 COD、石油类和固体废弃物钢屑、磨屑，温室气体排放量很少。而固体废弃物钢屑、磨屑绝大部分回收利用，极少造成污染。因此，对轴承生产企业，环保部门主要控制其工业废水中的 COD 和石油类。

从锻造、退火、车辗加工、热处理、磨超加工、装配六大工序中，锻造、热处理、磨超加工、装配为 COD 和石油类排放节点，有较大减排潜力空间。

（二）污染物排放水平

污染物排放指标	单位	国内落后	国内一般	国内先进
工业废水中 COD 含量	mg/L	＞500	≤500	≤150
工业废水中石油类含量	mg/L	＞30	≤30	≤10

第三章　行业技术现状

一、行业节能降耗减排技术结构

轴承行业节能降耗减排技术结构见图 2。

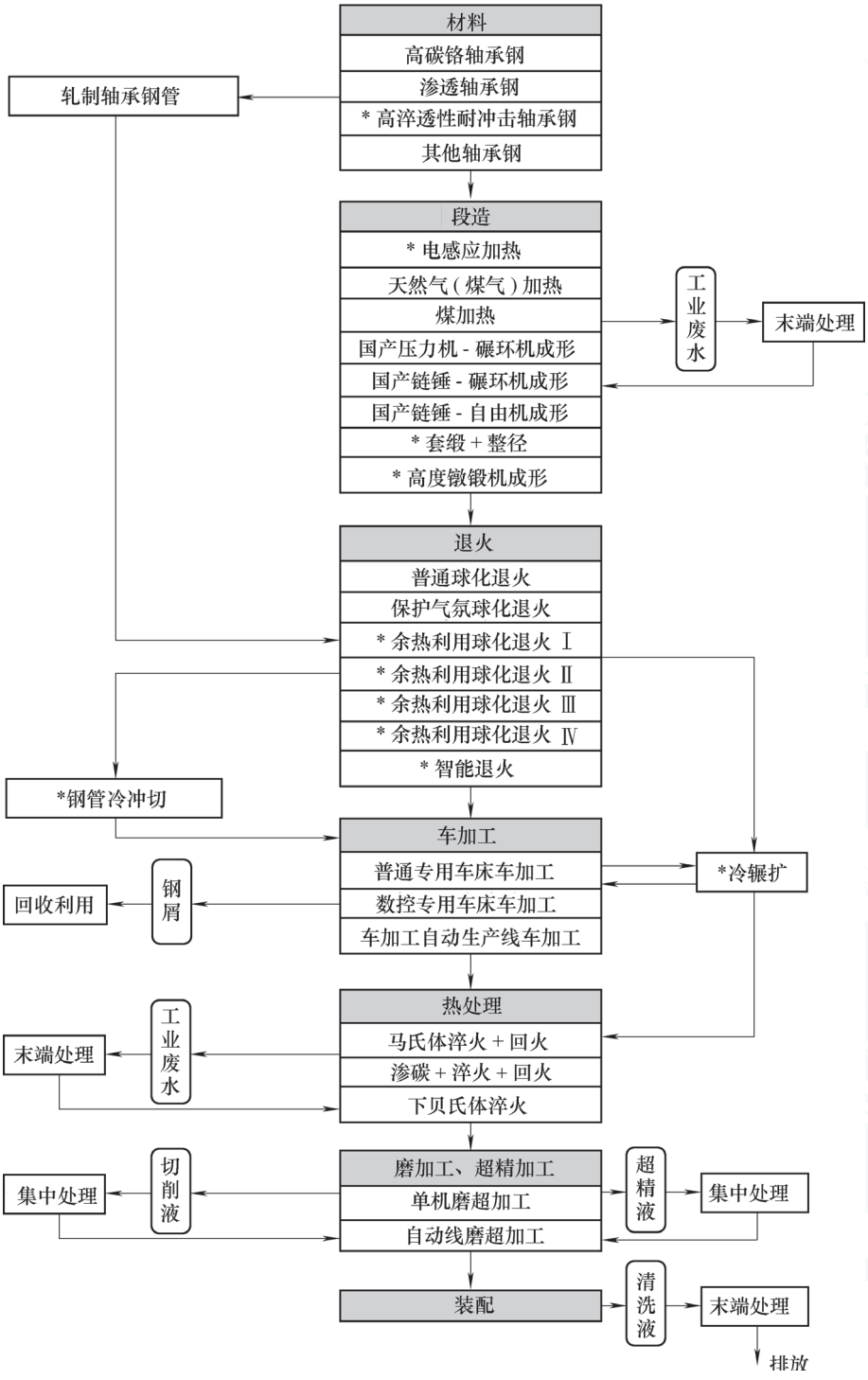


图 2　轴承行业节能降耗减排技术结构

二、行业资源消耗、能源消耗和污染物排放技术水平

（一）资源消耗

为降低轴承行业消耗最大的资源轴承钢的消耗，必须淘汰落后工艺，推广应用先用工艺和先进适用工艺，以大幅度提高轴承钢材料利用率。

1. 应淘汰的落后工艺

（1）自由锻　有相当一部分企业仍保留了不经辗扩，锤锻成形（自由锻）的工艺，材料利用率很低，见下表。

序号	轴承零件	材料	锻造工艺	锻件毛重 /kg				工艺定额 /kg	成品净重 /kg	材料利用率 (%)
				锻件重量	火耗	料芯	总重			
1	FC4872220 /HCP53YA3 内圈	G20Cr 2Ni4A	锤锻（自由锻）	44.271	3.217	1.693	49.181	53.6947	22.0	41.0
			辗压	37.901	1.980	1.693	41.574	45.8359		48.0
2	22332（3632）内圈	GCr15 SiMn	锤锻（自由锻）	22.671	1.147	0.276	24.092	25.8652	13.3	51.4
			辗压	19.894	0.603	0.211	20.708	22.1813		60.0
3	30322（7322E）内圈	GCr15 SiMn	锤锻（自由锻）	6.244	0.314	0.030	6.588	6.8381	3.17	46.4
			辗压	4.820	0.145	0.017	4.982	5.1081		62.1%

（2）煤加热　在加热方式上，已有部分企业采用先进的电感应加热，加热温度可控，火耗小。多数企业仍采用天然气或煤气堆放加热，温度不可控，火耗相对较大。更有少数企业仍采用煤加热，火耗大，加热温度不可控，易产生过热过烧。必须以中频感应加热取代煤加热。

比较项目	煤加热	中频感应加热
每吨钢材能耗	耗煤：450kg/t，折合标准煤：319.5kg/t	耗电：400kW·h/t，折合标准煤：49.2kg/t
节材	火耗 2.0%	无（少）火耗
下料精度误差	大于 ±1%	小于 ±0.5%

（续）

比较项目	煤加热	中频感应加热
温度控制	温度控制凭经验	温度可控制，连续监测自动记录
环境影响	烟尘排放、CO_2 排放、SO_2 排放 每加热 1t 钢材排放： 粉尘 108kg，CO 等废气 540m^3，$SO_2$72kg	无烟尘排放
工人劳动强度	环境温度高，劳动强度大	环境温度为室温，劳动强度小
机械化程度	低	高
质量	氧化脱碳严重，经常发生过热、过烧现象，产品质量差	氧化脱碳轻微，无过热、过烧现象，产品质量好

2. 应推广应用的先进工艺

目前国内外提高轴承钢材料利用率的有效途径是应用高速镦锻机和冷辗机。

（1）高速镦锻　从 20 世纪 80 年代末起，我国轴承行业从瑞士和日本分别引进哈特布尔 AMP 型、阪村机械制作所 HRP 型等 20 多条高速镦锻机生产线。其工艺采用感应加热至始锻温度，在高速镦锻机上完成切料、镦饼、成形、切底分离等工序，一般适用于外径 30 ～ 105mm 的大批量生产，其设备性能先进，自动化程度高，生产效率高，锻件尺寸精度高，表面质量好，其留量为：外径 1 ～ 1.5mm、内径 1.2 ～ 2mm、高度 1.2 ～ 2mm，公差为：外径 0.3 ～ 0.4mm、内径 0.4 ～ 0.6mm、高度 0.4 ～ 0.6mm，材料利用率可达 52% ～ 62%，其加工方法有单件挤压、两件合锻、塔形锻造等。由于受到锻件批量、模具加工、操作者素质等综合因素的影响，目前只有少数企业的设备使用状况良好。

（2）冷辗扩　早在 20 世纪六七十年代，国内外就开始了冷辗技术的研究。80 年代以后，工业发达国家加大了冷辗技术的研发力度。80 年代末、90 年代初，我国轴承行业瓦轴、哈轴、天马、重庆长江等企业率先从国外引进冷辗机及冷辗技术。我国冷辗技术来源于德国宝飞螺公司（巴特杜本公司）和日本共荣精工株式会社。从 1996 年开始，洛阳轴研科技股份有限公司、洛阳国投精密机械有限公司、洛阳国华轴承机械有限公司和中机十院国际工程有限公司对引进设备进行了消化吸收再创新，研发了 PCR 系列、D56G 系列、D56K 系列和 LNK 系列冷辗机，总计生产了近 300 台冷辗机，应用于轴承产业生产企业。

●洛阳国华轴承机械有限公司应用情况

6300 系列代表型号“锻－车”工艺和“锻－车－冷辗”工艺材料利用率对比

轴承型号	工艺	零件	锻件尺寸 /mm	单件锻件料重 /g	单套锻件重量 /g	成品套圈总重 /g	材料利用率(%)	节材重量 /g	节材价值 / 元
6308	锻－车	01	ϕ92.5×ϕ71.5×26	517*	832	511	53		
		02	ϕ59.5×ϕ37×26	315					
	锻－车－冷辗	01	ϕ70×ϕ45×26	430	722		63	110	0.55
		02	ϕ50×ϕ24×26	292					
6310	锻－车	01	ϕ113×ϕ88.5×30	808*	1 310	837	53		
		02	ϕ71×ϕ47×30	502*					
	锻－车－冷辗	01	ϕ83×ϕ53×30	750	1 163		65	147	0.73
		02	ϕ50×ϕ24×30	413					
6311	锻－车	01	ϕ123×ϕ97×32	1 053*	1 673	1 061	57		
		02	ϕ75×ϕ52×32	620*					
	锻－车－冷辗	01	ϕ92×ϕ62×32	875	1 427		66	246	1.23
		02	ϕ62.5×ϕ33×32	552					
6312	锻－车	01	ϕ133×ϕ105×34	1 302*	2 062	1 327	57		
		02	ϕ84×ϕ57×34	760*					
	锻－车－冷辗	01	ϕ99×ϕ67×34	1 105	1 768		67	294	1.47
		02	ϕ67.5×ϕ37×34	663					
6314	锻—车	01	ϕ153×ϕ124×38	1 775*	2 827	1 933	60		
		02	ϕ96×ϕ67×38	1 055*					
	锻－车－冷辗	01	ϕ111×ϕ75×38	1 502	2 431		70	396	1.98
		02	ϕ75.5×ϕ39×38	929					
6317	锻—车	01	ϕ183×ϕ147.5×44	2 970*	4 770	3 260	60		
		02	ϕ117×ϕ82×44	1 800*					
	锻－车－冷辗	01	ϕ137.5×ϕ97×44	2 555	4 130		71	640	3.20
		02	ϕ92.5×ϕ52×44	1 575					

注：1. 零件“01”为外圈，“02”为内圈。
2. 有“*”号为热辗扩时，沟道辗成形，故材料利用率较高。
3. 近似计算材料利用率：单套成品套圈总重 / 单套锻件总重 -8%（火耗和料头料芯）。按本表计算，锻－车工艺平均材料利用率为 56.6%；锻－车－辗工艺综合材料利用率为 67.0%。

6000 系列和 6200 系列代表型号“锻－车”工艺和“锻－车－冷辗”工艺材料利用率对比

轴承型号	工艺	零件	锻件尺寸 /mm	单件锻件料重 /g	单套锻件重量 /g	成品套圈总重 /g	材料利用率(%)	节材重量 /g	节材价值 / 元
6011	锻－车	01	ϕ92.5×ϕ76×21	362	650	313	40		
		02	ϕ70×ϕ52×21	288					
	锻－车－冷辗	01	ϕ68.5×ϕ50×21	283	524		52	126	0.63
		02	ϕ52.5×ϕ30×21	241					
6208	锻－车	01	ϕ82.5×ϕ64×21	349	569	306	46		
		02	ϕ55.5×ϕ37×21	220					
	锻－车－冷辗	01	ϕ60×ϕ38×21	279	483		55	86	0.43
		02	ϕ46×ϕ23×21	204					
6211	锻－车	01	ϕ102.5×ϕ82×24	555	917	482	45		
		02	ϕ72×ϕ52×24	362					
	锻－车－冷辗	01	ϕ75×ϕ50×24	460	756		53	161	0.80
		02	ϕ54×ϕ30×24	296					
6212	锻－车	01	ϕ113×ϕ92×25	664	1 156	620	46		
		02	ϕ80×ϕ57×25	492					
	锻－车－冷辗	01	ϕ83.5×ϕ57×25	574	953		57	203	1.01
		02	ϕ59×ϕ32×25	379					
6214	锻—车	01	ϕ127.5×ϕ106×27	805*	1 448	1 933	52		
		02	ϕ92×ϕ67×27	643*					
	锻－车－冷辗	01	ϕ94×ϕ70×27	650	1 192		63	256	1.28
		02	ϕ71×ϕ42×27	542					
6216	锻—车	01	ϕ143×ϕ119×29	1072*	1 877	1 140	53		
		02	ϕ103×ϕ77×29	805*					
6216	锻－车－冷辗	01	ϕ104.5×ϕ77×29	886	1 560	1 140	65	317	1.58
		02	ϕ77.5×ϕ47×29	674					

注：1. 零件“01”为外圈，“02”为内圈。
2. 有“*”号为热辗扩时，沟道辗成形，故材料利用率较高。
3. 近似计算材料利用率：单套成品套圈总重 / 单套锻件总重 -8%（火耗和料头料芯损失）。按本表计算，锻－车工艺平均材料利用率为 47.0%；锻－车－辗工艺平均材料利用率为 57.5%。

●浙江天马轴承股份有限公司“以辗代车”工艺对比表

轴承型号		成品重量/kg	车加工工艺		冷辗工艺	
			材料定额/kg	材料利用率(%)	材料定额/kg	材料利用率(%)
6310	01	0.524	1.634	52.50	1.349	62.60
	02	0.32				
6311	01	0.64	1.896	53.60	1.59	63.50
	02	0.369				
6312	01	0.833	2.483	54.80	2.055	64.20
	02	0.487				
6313	01	1.033	2.823	56.80	2.45	66.50
	02	0.595				
6314	01	1.17	2.996	58.30	2.731	66.20
	02	0.678				

3. 应推广应用的先进适用工艺

目前轴承行业为数众多的采用国产压力机（或锻锤）、扩孔机加工锻件，暂时无条件采用先进成形工艺及装备的企业，通过对现有工艺及装备的改进，调整工艺路线，采用整径、套锻和成形辗扩等适用先进的工艺，也可以大幅度提高材料利用率。

（1）整径　推介瓦轴集团、浙江天马、五洲新春和河北鑫泰的经验，锻造加工的最后工序增加一道整径工序，外圈整外径，内圈整内径。

●瓦轴集团应用整径工艺情况

瓦轴集团经过多年的实验和改进，2003 年试验成功并在全公司推广应用了整径工艺。即在传统的制坯—辗扩工艺增加整径工序。工艺流程为制坯—辗扩—整径。

整径工艺可以提高锻件几何精度，保证同批锻件的尺寸一致性，从而提高锻件材料利用率。

在不废弃大批现有锻造设备、不投入巨额设备投资的情况下，整径工艺是适应国情的一种锻造工艺。

整径工艺应用于制坯—手动辗扩、目测控制尺寸的传统工艺中，它满足了不废弃现有设备，又提高锻件几何精度的要求。整径保证了同批锻件的尺寸一致性，适应了后续加工的自动化生产的需要。

由于整径提高了锻件尺寸精度及几何精度，从而可以压缩锻件留量，平均提高材料利用率 7% 左右，仅瓦轴一个企业就年节钢上千吨。同时，也大大提高了车加工的生产效率，降低了车加工生产成本。

以 30222.01 轴承套圈为例：

锻件类型	外圈锻件			材料利用率(%)
	尺寸 /mm	重量 /kg	定额重量 /kg	
成品	ϕ200× ϕ186.5× ϕ168.5×32	1.64		
未采用整径工艺的锻件	ϕ203.8× ϕ182.5× ϕ165×36.5	2.92	3.04	53.9
采用整径工艺的锻件	ϕ202.5× ϕ183.5× ϕ166×36	2.52	2.63	62.4
提高材料利用率（%）				8.5

以 6310.01 轴承套圈为例：

锻件类型	外圈锻件	重量 /kg	定额重量 /kg	材料利用率(%)
	尺寸 /mm			
成品	ϕ110× ϕ98.5× ϕ91×30	0.47		
未采用整径工艺的锻件	ϕ113× ϕ93.5× ϕ88×30	1.07	1.14	41.2
采用整径工艺的锻件	ϕ112× ϕ94.5× ϕ89×30	0.94	1.01	46.5
提高材料利用率（%）				5.3

（2）套锻　襄轴、五洲新春、浙江天马、河北鑫泰等企业采用套锻的方法，材料利用率提高 10% ～ 20%。

● “三联套锻”新工艺见图 3。

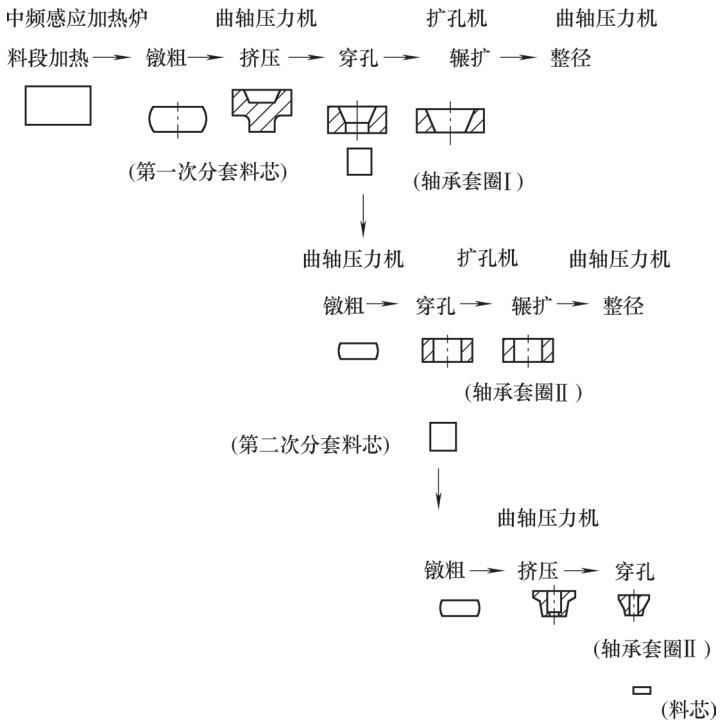


图 3 “三联套锻”新工艺

（3）成形辗扩 我国轴承行业轴承锻件除少数企业用引进设备加工外，绝大多数企业都是用国产压力机或锻锤制坯，用仿前苏联 20 世纪 60 年代扩孔机热辗扩成形。

热辗扩加工与成品零件的仿形程度对材料利用率影响很大。通过对扩孔机和扩孔工装（辗压轮、辗压辊等）进行改造，提高仿形程度，实现成形辗扩，是提高材料利用率的有效途径，尤其是大型、特大型轴承。

长期以来，由于提高材料利用率的压力和动力不足，在一些企业，成形辗扩的采用进展缓慢，尤其是一些大型、特大型轴承的专业锻造企业，由于是按锻件实际重量结算锻件价格，因而没有采用成形辗扩的积极性。

●西北轴承应用成形辗扩工艺情况

以西北轴承生产的特大型轴承 319/900X2 轴承为例，两种工艺的材料利用率相差很大。

319/900X2 外圈成品零件见图 4。

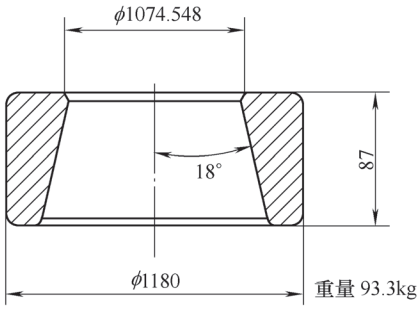


图 4　319/900X2 外圈成品零件

用成形辗扩工艺制造的 319/900X2 轴承锻件见图 5。

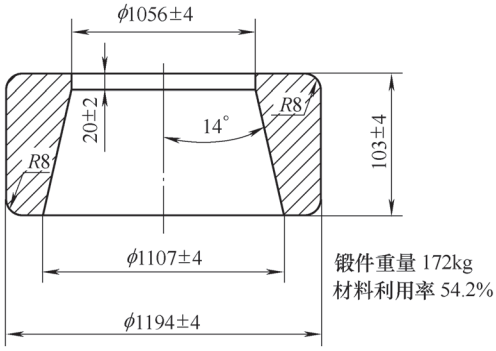


图 5　成形辗扩工艺制造的 319/900X2 轴承锻件

用非成形锻造工艺制造的 319/900X2 轴承锻件见图 6。

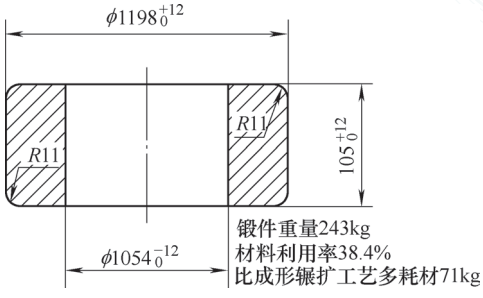


图 6　非成形锻造工艺制造的 319/900X2 轴承锻件

原来西北轴承在一家锻造厂外协加工 319/900X2 轴承锻件，由于一直是按锻件实际重量结算锻件价格，这家锻造厂一直未采用成形辗扩工艺。后来，西北轴承通过招标，选择同意成形辗扩的厂家加工这一规格的锻件，结果这一规格外圈材料利用率提高 15.8%，每个套圈节约轴承钢 71kg。按这一规格一年生产 200 套计算，仅外圈就节约轴承钢 14 200kg，节约钢材消耗费用 8.52 万元。

（二）能源消耗

众所周知，轴承热处理是个耗能大户，轴承热处理设备 90% 以上采用电加热，俗称“电老虎”，其电耗占轴承制造业电耗的 40% 左右。同时，在热处理工艺过程中不断产生热辐射、废油烟气、粉尘和噪声等，对环境造成一定程度的污染。因此，开发节能、环保型热处理技术和装备，促进全行业的节能工作已是轴承行业亟待解决的问题。

我国轴承行业应从以下几方面采取措施，提高轴承热处理的节能和环保效果。

1. 优化工艺节能

经过大量工艺试验，在保证热处理质量得到提高的前提下，对热处理工艺进行优化简化，然后合理设计加热炉各区段长度和加工节拍，充分发挥热效能，产生显著的节能效果。这方面最突出的是北京天马轴承有限公司和北京建通盈动工业炉公司共同开发研制的多功能辊底式可控气氛热处理生产线，应向全行业推介。

2. 利用余热节能

财政部近期发布信息说，中央财政将对十大重点节能工程进行奖励。十大节能工程包括“余热余压利用工程”。

轴承钢退火是轴承行业耗能最大的工序之一。多年来，轴承生产企业在降低轴承钢退火能耗上下了不少功夫。轴承钢锻造余热退火曾风行一时。但是，这一节能工艺虽然理论上可行，但实际操作上存在诸多难以解决的问题。

近年来，一些轴承热处理设备制造优势企业，如杭州金舟电炉有限公司、苏州工业园区胜龙电炉制造有限公司等，转而在利用热处理余热上做文章，研发了“热回收型连续等温退火炉”、“双层辊底式保护气氛球化退火炉”，取得了高效节能的效果。这项新技术应在全行业广泛应用。

3. 智能控制节能

河北工业大学材料学院研发的轴承智能化退火控制系统，在充分利用企业原

有退火炉体的情况下，配置的该系统可根据运行过程中反馈获得的退火炉热特性、温场分布、装炉量等参量，智能化地调节各区加热温度、冷却速度等参量，自动完成退火的全过程，排除了操作上的人为因素，取得了显著的节能效果。

4. 减少热损失节能

轴承生产企业应和轴承热处理设备制造企业联手，在减少轴承热处理加热过程中的热损失上下功夫。

1）以辊底炉取代推杆（盘）炉，免除料盘的热损失。1kg 钢件从室温升至800℃，需吸热 1.03×4.186 8kJ。

2）优化炉膛设计，同时合理选用高强度轻质抗渗碳砖、优质陶瓷纤维制品等保温隔热材料，减少炉衬材料的蓄热损失和炉壁表面的散热损失。

3）优势热处理炉制造厂家，在制造热处理炉构件时，应采用大型数控设备加工，提高加工精度，提高传动辊的水平精度，提高炉壳刚性和密封性，减少焊缝，从而减少热损失和气氛损失。

（三）减排

对于轴承行业来说，最大量排放的污染物是工业废水中的 COD 和石油类，这是轴承行业污染物减排的重点。

工业废水中的 COD 和石油类主要来源于切削液（包括超精液）、清洗液。

减排的原则应是源头治理和末端治理相结合，以源头治理为重。

1. 源头治理

研发应用长效、无毒、可循环使用及少（无）排放的切削液。

2. 以水代油

1）以新型水基清洗剂取代煤油清洗轴承零件和成品。

2）以水基磁悬液取代煤油磁悬液进行轴承零件无损探伤。

3. 集中处理，循环使用

1）推广应用切削液集中供液、集中处理及循环使用的技术和装备。

2）推广应用超精液（油）集中供液、集中处理及循环使用的技术和装备。

3）工业废水经集中处理达到中水标准后，回用于厂房降温，热加工设备冷却和绿化等用途。

4）废油回收处理（再生），梯级使用。

第四章　节能减排先进适用技术

一、生产过程节能减排技术

（一）精密冷辗扩技术

1. 技术基本原理

精密冷辗扩技术，是一项在常温状态下，少无切削精密成形金属零件的高新技术。在受控辗压力的作用下，通过对金属材料流动方向和变形过程的有效控制使金属材料按设计的方向流动，按指定的部位分布。从而使形状简单的矩形截面金属环料坯，直径由小变大，壁厚由厚变薄，内外表面由简单的圆环面，变成由各种曲线、圆弧和直线组成的精密特型面或球面。与传统车加工工艺相比，制造同一零件，可节约原材料 15% ～ 30%，提高生产效率十几倍，提高产品使用寿命 3 ～ 5 倍。

2. 技术适用条件

适用于外径≤ 260mm、内径≥ 20mm 的轴向截面对称的环形零件的加工。

3. 节能减排效果

提高轴承钢材料利用率 15% 以上，以一台大型精密冷辗扩机为例，年加工 400t 工件，节材（轴承钢）80t，价值 48 万元。

4. 技术经济分析

一台大型精密冷辗扩机设备和配套设施投资 76 万元，年节材效益 48 万元，1.6 年可收回投资。

5. 技术应用情况

目前全行业已推广应用 100 多台。预计还可以推广应用 500 台，设备及配套设施总投入 38 000 万元，年节材效益 24 000 万元。

6. 技术知识产权情况

引进消化吸收再创新。

（二）轴承钢管冷冲切无切屑下料技术

1. 技术基本原理

国内外轴承厂家采用轴承钢管制造轴承套圈的下料方法（即将钢管切割成单个的轴承套圈毛坯的方法）均采取车床车刀切割的方法，相当于车刀宽度的切口

部分成为钢屑。本技术采用轴承钢管冷冲切生产线对钢管进行冷冲切下料，实现无切屑加工，减少了切口部分的轴承钢损耗，节材率达 10% 以上。冲切精度：垂直度≤ 0.1mm，高度差≤ ±0.1mm，完全满足轴承加工要求。

2. 技术适用条件

加工范围：钢管外径 20 ～ 100mm；生产批量：大中批量生产；钢管内、外径尺寸公差要控制在一定范围内。

3. 节能减排效果

每条轴承钢管冷冲切自动生产线每年可完成 228t 轴承钢管的下料加工，减少钢管消耗 28.5t，价值 22.8 万元。

4. 技术经济分析

每条轴承钢管冷冲切自动生产线设备投资 25 万～ 40 万元（按 35 万元计算），不计算生产效益，仅以节材效益计算，不到 2 年即可收回设备投资。

5. 技术应用情况

目前已成功地应用于生产。预计全行业推广比例可达到 20%，推广应用轴承钢管冷却切自动生产线 500 条，设备总投入 17 500 万元，年节材效益 11 400 万元。

6. 技术知识产权情况

自主创新，技术拥有方，国内发明专利。

（三）轴承套圈高速精密清洁锻造生产技术

1. 技术基本原理

引进德国、日本等国先进的高速镦锻、精密辗扩等设备，组建适合中国国情的轴承套圈高速精密清洁锻造生产线，进行中小型轴承套圈的高速精密清洁锻造生产。

2. 技术适用条件

适用于外径在 200mm 以下的中小型轴承套圈的锻造生产，大批量生产；电力供应充足。

3. 节能减排效果

每条生产线年节电 20 万 kW•h，价值 14 万元，材料（轴承钢）利用率提高 8%，年节材 500t，价值 300 万元；废水、废气、粉尘减排，减少环保治理费用 30 万元。节能减排效益合计 344 万元。

4. 技术经济分析

每条生产线设备及配套投入 2 300 万元。生产效益年锻造产品 7 000t，工业

增加值 3 000 万元，利税 600 万元，节能减排效益 344 万元，效益合计 944 万元，不到 3 年可收回设备及配套投资。

5. 技术应用情况

全行业已应用 25 条生产线，预计将增加 10 条生产线，设备及配套投资 23 000 万元，年生产效益和节能减排效益合计 9 440 万元。

6. 技术知识产权情况

引进消化吸收再创新。

（四）轴承套圈毛坯三联套锻工艺技术

1. 技术基本原理

传统工艺是加热一个料段，锻造加工一个套圈。本技术是加热一个料段后加工第一个套圈，利用加工第一个套圈冲孔分离出的料芯加工第二个套圈，再利用加工第二个套圈冲孔分离出的料芯加工第三个套圈，在一条生产线上，加热一个料段，制造三个套圈。

2. 技术适用条件

适用于专业轴承套圈锻造厂大批量、多品种轴承套圈锻造生产。

3. 节能减排效果

节材 15%，节能 5%，每吨锻件节材 1 050 元，节能 150 元，合计 1 200 元。每条生产线年锻造轴承套圈 4 000t，节材节能效益 480 万元。

4. 技术经济分析

每条生产线设备和配套设施投资 380 万元，年节材节能效益 480 万元，0.8 年可以收回投资。

5. 技术应用情况

目前全行业已有 2 个厂家推广应用 5 条生产线，预计还可以推广应用 10 条生产线，设备和配套设施总投资 3 800 万元，年节材节能效益 4 800 万元。

6. 技术知识产权情况

自主创新技术拥有方，国内实用新型专利。

（五）G8SiMnMoVRE耐冲击高淬透性轴承钢的研制和应用

1. 技术基本原理

高 Ni 高 Cr 渗碳轴承钢是制造承受冲击载荷的矿山、冶金、火车轴承的最佳材料。但 Ni、Cr 为稀缺金属，价格昂贵，同时因要进行渗碳加工，生产成本高，新研制的 G8SiMnMoVRE 耐冲击高淬透性轴承钢强度高、淬透性好，

冲击韧性优于渗碳钢，完全可以取代高 Ni 高 Cr 渗碳钢。因不含 Ni、Cr 等稀缺金属，同时不需渗碳，节能减排效果显著，钢材价格和生产成本均比高 Ni 高 Cr 渗碳钢低。

2. 技术适用条件

尚未纳入国家和行业标准，存在技术应用障碍。

3. 节能减排效果

每吨工件节省渗碳耗电 1 000kW·h，价值 700 元，节省渗碳用甲醇、煤油 40kg，价值 160 元，合计 860 元。

4. 技术经济分析

钢厂和轴承厂家无须设备投入。

5. 技术应用情况

目前尚在小批试制、试用阶段，若推广应用 4 000t 钢材，材料利用率按 60% 计算，工件总重 2 400t，节能价值 206 万元。

6. 技术知识产权情况

自主研发。

（六）智能化轴承钢退火技术

1. 技术基本原理

在充分利用企业原有退火炉体的情况下，配置智能化温度控制系统，根据运行过程中反馈获得的退火炉热特性、温场分布、装炉量等参量，智能化地调整各区加热温度、冷却速度等参量，自动完成退火的全过程，无人为操作因素。已在国内多家企业用于轴承套圈、热轧棒料、钢球及盘条的大规模生产。多家企业长期使用的结果表明，该系统的突出特点是又好、又省、又快。

2. 技术适用条件

适用于连续式退火炉。

3. 节能减排效果

以 RJT—360kW 退火炉为例，应用智能化退火技术，退火电耗由 270kW·h/t 下降为 200kW·h/t，节电 70kW·h /t，年退火 2 500t，节电 17.5 万 kW·h，价值 12 万元。

4. 技术经济分析

用智能化温度控制系统改造 1 台退火炉，需投资 20 万元，改造后年节电 12 万元，不到 2 年可收回投资。

5. 技术应用情况

目前全行业已改造 20 台，预计可再改造 20 台，改造费用 400 万元，年节电效益 240 万元。

6. 技术知识产权情况

自主研发。

二、资源节约与综合利用技术

（一）轴承锻件整径工艺

1. 技术基本原理

在传统的压力机（或锻锤）制坯－手动控制辗扩的传统工艺中，增加用模具整径的工序，提高锻件的尺寸精度和几何精度，从而压缩锻件留量，提高材料利用率。

2. 技术适用条件

适合外径 250mm 以下的锻件。

3. 节能减排效果

材料利用率提高 5%，若锻造 1 000t 锻件，则可节省轴承钢 50t，价值 30 万元。

4. 技术经济分析

利用现有锻造设备，每条生产线增加 1 台压力机，无需大的投资即可实施本工艺。

5. 技术应用情况

目前中、小型锻件已推广应用，大型锻件需在“十二五”期间推广应用。

6. 技术知识产权情况

自主研发，技术拥有方。

（二）双层辊底式连续球化退火炉（利用余热退火）

1. 技术基本原理

轴承零件的球化退火通常采用“隧道式”连续退火炉，工件从退火炉的一端进，另一端出，完成退火工艺过程。出炉的工件温度高达 600 ～ 640℃，余热大量浪费，且污染环境。本技术将退火炉设计成双层结构，工件从上层进，下层出，上层进入工件的升温段与下层工件的降温段重叠，在重叠部位设置热交换室，利用下层降温段工件的余热加热上层升温段的工件，实现余热利用。

2. 技术适用条件

适用于大批量生产。

3. 节能减排效果

退火电耗由原有工艺的250 kW•h /t下降为150 kW•h /t，节电100 kW•h /t，节电率40%。

4. 技术经济分析

每台双层换辊底式连续球化退火炉设备投资300万元，年度产品产量8 250t，节电82.5万kW•h，价值57.75万元，节材（轴承钢）82.5t，价值57.75万元，合计115.5万元。不计生产效益，仅以节电、节材效益计算，不到3年可收回设备投资。

5. 技术应用情况

预计全行业可推广应用100台，设备总投入30 000万元，年节能节材效益11 500万元。

6. 技术知识产权情况

自主研发，技术拥有方。

三、污染治理技术

（一）磨削液集中供应、过滤、处理，循环使用系统

1. 技术基本原理

轴承工件磨加工时，需要使用起润滑、冷却、冲洗和防锈作用的磨削液。原来磨削液为单机供应，失效后即排放，消耗费用大，污染环境严重。本技术将分散供液改为集中供液，使用后的磨削液集中过滤、除油、增氧、杀菌，控制其浓度、pH和菌落数，循环使用，达到接近于零排放。

2. 技术适用条件

适用于磨加工设备较多的工厂或车间。

3. 节能减排效果

以一台（套）为60台磨床供液的系统计算，年节电240万kW•h，价值168万元；节省切削液120t，价值114万元；节水45 000t，价值13.5万元，年节能减排效益合计295.5万元。

4. 技术经济分析

每套系统设备和配套设施投资55万元。年运行维护成本30万元。年节能减排效益295.5万元，1年内即可收回投资。

5. 技术应用情况

目前全行业已应用50台(套)，预计将增加200台套，总计需投资11 000万元，

节能减排总效益 59 100 万元。

6. 技术知识产权情况

引进消化吸收再创新。

（二）工业废水处理及回用

1. 技术基本原理

处理系统前端采用隔油、破乳和两级气浮处理工艺，后端采用催化氧化、生化和生物炭吸附等处理工艺，进水 COD=15 000mg/L，出水 COD ≤ 50mg/L，石油类≤ 5mg/L，达到中水回用标准。

2. 技术适用条件

适用于大型轴承企业，工业废水污染物主要为 COD 和石油类。

3. 节能减排效果

工业废水 COD 由 15 000mg/L 降为 50mg/L 以下，达到中水回用标准，回用中水 200 万 t，价值 400 万元。

4. 技术经济分析

①工业废水达到环保排放标准，减少了超标罚款及其他费用。

②中水回用年价值 400 万元。设备及配套投资 1 000 万元，年运行成本 250 万元。仅中水回用一项除抵销运行成本外，6 ～ 7 年内即可收回投资。

5. 技术应用情况

处理系统可正常运行 20 年以上。全行业可推广应用 5 家，设备及配套投资 5 000 万元，中水回用价值 2 000 万元。

6. 技术知识产权情况

联合研发，非技术拥有方。

第五章　工艺技术优化组合方案

一、工艺技术组合 1

“锻造（包括钢管轧制）—（退火）—冷辗—车加工”工艺技术组合

1. 加工工艺路线

①热锻工艺路线：锻造毛坯→粗车→精车。

②粗辗（先辗后车）工艺路线：钢管割坯→去飞边；锻造毛坯→车两端面，去飞边→粗辗→车两端面，去飞边→车加工（粗车、精车）。

③精辗（先车后辗）工艺路线：锻造毛坯→粗车（控制毛坯重量）→精辗→车两端面，去飞边→挖防尘槽；钢管割坯→粗车（控制毛坯重量）。

2. 目前轴承行业毛坯成形工艺类型

（1）普通成形工艺

1）国产压力机—辗环机成形。

2）国产空气锤—辗环机成形。

3）国产空气锤自由锻成形。

（2）采用高速镦锻机、冷辗机等先进装备的成形工艺

1）高速镦锻机锻造。

①直接锻到尺寸。

②锻后先车后辗（精辗）。

③锻后先辗后车（粗辗）。

2）国产压力机—辗环机锻造。

①锻后先车后辗（精辗）。

②锻后先辗后车（粗辗）。

3）钢管。

①切割后直接车到尺寸。

②切割后先车后辗（精辗）。

③切割后先辗后车（粗辗）。

●轴研科技股份有限公司工艺技术优化组合情况

以 63/28 轴承套圈为例，63/28 轴承的外圈成品重量为 137g，内圈成品重量为 85g。

锻造类型	成形工艺	外圈锻件		内圈锻件		内外圈合计重量/g	内外圈合计耗材/g	材料利用率/%
		尺寸/mm	重量/g	尺寸/mm	重量/g			
国产压力机锻造	直接锻到尺寸	ϕ70×ϕ54×20.5	249.8	ϕ43×ϕ26×20.5	147.7	397.5	469.1	47.3
	锻后先车后辗	ϕ54.6×ϕ35.8×20.5	214.0	ϕ36×ϕ15.7×20.5	132.9	346.9	395.3	56.2
	锻后先辗后车	ϕ54.1×ϕ36×19.5	194.8	ϕ36×ϕ17.5×19.5	118.0	312.8	356.4	62.3

（续）

锻造类型	成形工艺	外圈锻件		内圈锻件		内外圈合计重量/g	内外圈合计耗材/g	材料利用率/%
		尺寸/mm	重量/g	尺寸/mm	重量/g			
高速镦锻	直接锻到尺寸	ϕ69.2×ϕ54.8×19.5	213.9	ϕ42.2×ϕ26.8×19.5	127.5	341.4	394.2	56.6
	锻后先车后辗	ϕ53.8×ϕ36.6×19.6	188.0	ϕ35×ϕ16.5×19.6	114.9	302.9	336.6	66.0
	锻后先辗后车	ϕ53.1×ϕ34.8×19.5	176.2	ϕ34.7×ϕ15.6×19.5	114.6	290.8	321.6	69.0

若以国产压力机锻造，直接锻到尺寸材料利用率系数为1，则材料利用率从大到小的排序为（括号内为材料利用率系数）：高速镦锻，锻后先辗后车（1.46）；高速镦锻，锻后先车后辗（1.40）；国产压力机锻造，锻后先辗后车（1.32）；高速镦锻直接锻到尺寸（1.19）；国产压力机锻造，锻后先车后辗（1.19）；国产压力机锻造，直接锻到尺寸（1.00）。

注意：①国产压力机锻造工艺：料段加热—镦饼—挤压—切底—热辗扩。

②前述先车后辗或先辗后车是指冷辗扩。

● 浙江五洲新春集团公司工艺技术优化组合情况

轴承型号	成品套圈重量/g	热锻		热锻粗辗		热锻精辗	
		耗材重量/g	材料利用率（%）	耗材重量/g	材料利用率（%）	耗材重量/g	材料利用率（%）
0PY206	92	251	36.7	184	50.0	208	44.2
0PY207	134	339	39.5	255	52.5	283	47.3
0PY208	170	421	40.4	297	57.2	357	47.6
0PY209	192	480	40.0	332	57.8	370	51.9
0PY210	194	516	37.6	352	55.1	395	49.1
0PY211	271	705	36.1	479	56.6	534	50.7

（续）

轴承型号	成品套圈重量/g	热锻		热锻粗辗		热锻精辗	
		耗材重量/g	材料利用率（%）	耗材重量/g	材料利用率（%）	耗材重量/g	材料利用率（%）
0PY212	345	873	39.5	592	58.3	658	52.4
0PY213	458	1062	43.1	746	61.4	825	55.5
6308	487	920	52.9	703	69.3	753	64.7
平均材料利用率（%）		40.9		57.6		51.5	

轴承型号	成品套圈重量/g	钢管直接车加工		钢管粗精辗	
		耗材重量/g	材料利用率(%)	耗材重量/g	材料利用率(%)
0PY206	92	205	44.9	162	56.8
0PY207	134	284	47.2	226	59.3
0PY208	170	354	48.0	287	59.2
0PY209	192	403	47.6	327	58.7
0PY210	194	432	44.9	338	57.4
0PY211	271	601	45.1	470	57.7
0PY212	345	754	45.8	590	58.5
0PY213	458	923	49.6	755	60.7
6308	487	870	56.0	727	67.0
平均材料利用率（%）		47.7		59.5	

根据洛阳轴研科技股份有限公司和五洲新春集团有限公司工艺技术优化组合情况，对几种先进成形工艺和普通成形工艺材料利用率的对比分析，材料利用率从高到低排序为：

1）高速镦锻，锻后先辗后车。

2）高速镦锻，锻后先车后辗。

3）管料切割后，先辗后车或先车后辗。

4）国产压力机锻造，锻后先辗后车。

5）高速镦锻，直接锻到尺寸。

6）国产压力机锻造，锻后先车后辗。

7）钢管切割后直接车到尺寸。

8）国产压力机锻造，直接锻到尺寸。

上述 1 ～ 6 项可以提高材料利用率 10％～ 20％的先进成形工艺，推荐轴承生产企业根据自身的条件和产品结构选用。

对于有较强实力，较大经济规模，产品尺寸段在高速镦锻机加工范围内的企业，应积极采用高速镦锻 + 冷辗工艺，可以先辗后车。

普通锻造工艺锻造的锻件冷辗和钢管切割后冷辗，可以先辗后车（粗辗），也可以先车后辗（精辗），根据企业的自身条件，经过试验后决定。一般来说，企业有粗车加工外协条件的，宜采用先车后辗工艺，有条件在企业内部组建车辗生产线的，宜采用先辗后车工艺。

二、工艺技术组合 2

“电感应加热—套锻（包括热辗扩）—整径”工艺技术组合

1. 单项工艺技术

（1）电感应加热—切料　独立的生产线。

（2）电感应加热料段—套锻（包括热辗扩）　独立的生产线。

（3）整径　应用于锻造生产线的后端。

单项工艺技术的应用，用于锻造的钢料需加热两次，即切料一次，锻造一次。

2. 工艺技术组合

将上列工艺技术进行组合，形成一条生产线。工艺技术组合生产线示意图见图 7。

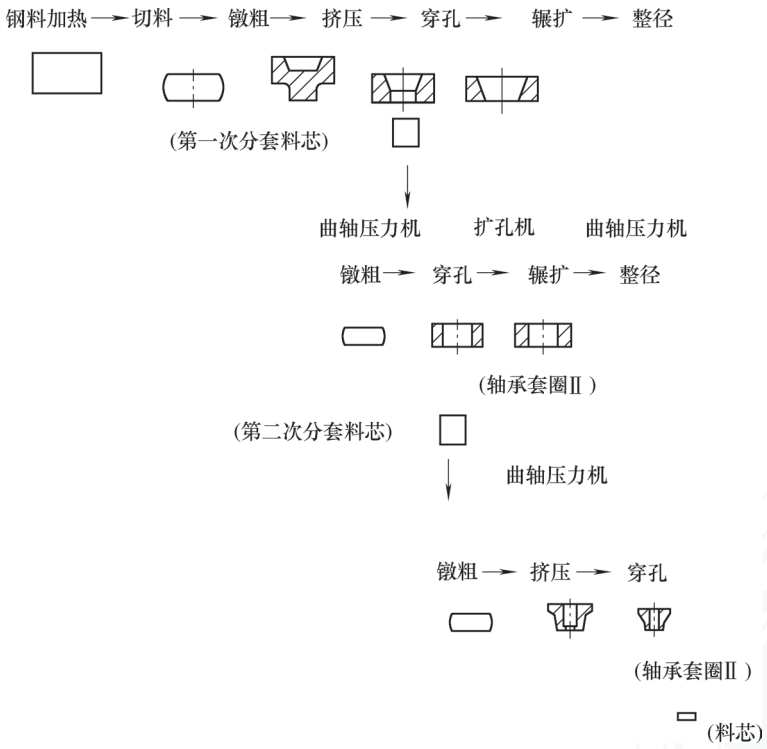


图 7　工艺技术组合生产线示意图

这项工艺技术的组合特点为：

1）两次加热改为一次加热，减少电能消耗 50%。

2）套锻 + 整径节约钢材 10% ～ 15%。

附件 R　全国轴承行业企业信息化与工业化融合发展水平评估指标体系（大纲）㊀

一、信息化基础

（一）信息化投入

1. 信息化投入占销售收入的比例

2. 信息安全投入占信息化投入的比例

3. 数字化生产设备投入占销售收入的比例

㊀ 摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

（二）体系保障

1. 信息化规划

（1）信息化发展规划制订情况

（2）信息化预算制订情况

（3）规划当期兑现率

2. 信息化人员

（1）从事信息化工作专职人员人数占从业人员数比例

（2）年度从业人员接受信息化培训人均学时数

3. 信息化制度

（1）信息化项目管理制度建立情况

（2）运行维护管理制度建立情况

（3）信息安全管理制度建立情况

（4）信息化标准化管理制度建立情况

（三）基础设施

1. 设备

（1）管理人员终端配置率

（2）企业每百人计算机拥有量

（3）服务器百人使用量

（4）企业级信息安全设备配置情况

2. 网络

（1）企业门户网站建设情况

（2）企业建设实现内部局域网络情况

（3）计算机联网率

（4）内部主干网络带宽

（5）与互联网接口带宽

（6）企业建设实现内部邮件系统情况

3. 数据中心

（1）是否建立了数据中心

（2）数据中心功能

（3）数据中心管理集中度

（4）数据备份情况

（5）灾备建设情况

4. 编码标准化

编码标准的统一程度

5. 与信息化直接相关的工业设施

（1）生产设备

1）数字化机台应用工序覆盖率

2）数字化机台占机台总数比率

3）数字化机台中具有数字化网络接口设备的比率

4）生产现场数字化机台部署数据信号情况

（2）试验、化验设备

1）数字化试验、化验仪器、设备配置率

2）数字化试验、化验仪器、设备联网率

3）是否具备数字化样度和中试试验室（车间）

二、信息化应用

（一）单项业务应用

1. 设计开发

2. 生产监控

3. 生产调度

4. 生产管理

5. 财务管理

6. 进销存管理

7. 客户管理

8. 电子商务

9. 能源管理

10. 办公自动化

11. 其他管理

（二）协同集成

1. 企业产品生命周期管理

2. 企业资源计划应用

3. 企业主业务流程信息化覆盖率

4. 信息化应用协同集成情况

1）研发与生产衔接

2）管控衔接

3）产供销衔接

4）财务与业务衔接

（三）深度应用

1. 决策支持

深度开发企业内、外部信息资源，提高企业正确决策的能力

2. 市场开拓支持

整合企业内外部资源，使企业内部各关键环节高度协同，与使企业产业链上下游密切协同，从而提高企业对市场快速反应能力。

3. 综合节能环保

把节能减排绩效指标细化分解到企业各个相关环节的信息系统，加强管控，提升企业节能减排能力。

三、信息化效益

（一）企业竞争力提升

1. 客户满意度

2. 产品一次合格率

3. 市场响应速度

1）常规产品生产周期缩短。

2）订单按期交付率。

3）货物配送及时率。

（二）经济效益

1. 利润增长率

2. 生产成本降低率

3. 全员劳动生产率

（三）社会效益

1. 全年安全生产总天数

2. 节能减排率

3. 总资产社会贡献率

附件S　全国轴承行业“十二五”共性技术攻关和关键技术研发项目㈠

1. 共性技术联合攻关项目

序号	项目名称	参加单位
1	滚子轴承减振降噪	瓦轴、洛轴、哈轴、洛轴所、河南科大、人本、西北轴承、襄轴、天马、钱潮、海林、上滚、宁波摩士、公主岭轴承、苏州轴承、烟台轴仪、AAA、阜阳、韶关东南、西蒙西、长冶轴承、广西轴承、合肥金工、杭州中心、大冶轴、株洲珍珠、沙市轴承、瓦冶轴、黄石轴承、新疆滚动、亚星机械、无锡高润杰、无锡堰微、上海精密、新乡亿威
2	提高轴承寿命和可靠性	洛轴、哈轴、洛轴所、河南科大、西北轴承、襄轴、钱潮、海林、天马、重庆长江、瓦冶矿、江苏钢球、东阿钢球、上滚、慈兴、公主岭轴承、苏州轴承、浙江八环、烟台轴仪、五洲新春、AAA、沂蒙轴承、石家庄设备、阜阳轴承、韶关东南、江门机械、广西轴承、杭州中心、大冶轴、常熟长城、洛凌、株洲珍珠、沙市轴承、瓦冶轴、黄石轴承、成都重型、新疆滚动、长冶轴承、无锡堰微、兴澄特钢、河南新机、上海精密及新乡亿威
3	轴承抗疲劳制造	瓦轴、洛轴、哈轴、天马、五洲新春、西北轴承、上滚、大冶轴、襄轴、钱潮、海林及江苏钢球

2. 共性技术研究项目

序号	技术名称	主要技术指标	当前水平及国外差距	市场需求预测
1	基于知识工程（KBE）的轴承设计技术	1. 100% 采用数字化工程图文件 2. 50% 以上应用三维模型 3. 建成融入数学模型的专家系统，实现知识资源共享 4. 设计过程自动化	行业当前水平处于三维模型应用阶段，与国外差距主要在专家系统与数学模型尚未建立，设计过程基本上是人机交互作业	大型企业集团、“小巨人”企业、专业特色产品制造企业是KBE技术的应用主体，应有大量需求

㈠ 摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

（续）

序号	技术名称	主要技术指标	当前水平及国外差距	市场需求预测
2	抗疲劳制造技术	1. 基础构件材料疲劳强度提高 30%（对应理论应力集中系数 K_{t3} ） 2. 构件重量减轻 10% 3. 寿命延长 50% 以上。对于球轴承产品：$K \geqslant 10$，对于滚子轴承产品：$K \geqslant 6$。（K= 试验寿命 L_T/ 计算寿命 L_{10}，称为寿命指数）	国内目前尚未形成完整的“抗疲劳制造”概念，基本上都是“成型制造”国外最高水平是美国，已从“表面完整性”发展到“经济可承受性”阶段	市场需求主要在关系国计民生的高端产业、高端产品，如航空、军工、大型能源设备、大型工程设备、高速列车等领域及其基础构件
3	闭环数控技术与 SPC 技术集成	1. 实现在线检测、在线 SPC 控制 2. 实现技术集成后的数控设备 $C_{pk} \geqslant 2.0$ 3. 产品合格率水平 5σ 以上 4. 平均无故障时间 500h 以上	当前水平 $C_{pk} \geqslant 1.66$ 产品合格率水平 3σ ～ 4σ；平均无故障时间 200h 左右 与国外水平的差距，关键在稳定性和可靠性，即平均无故障时间（MTBF）	高速、高精度、高可靠性轴承是我国轴承行业的薄弱环节，是进出口逆差的主要部分。按 1 000 条磨超短线计，市场需求在 50 亿元以上
4	数字化智能热处理技术	1. 热处理工艺参数的数字化管理 2. 金相组织检测与分析的数字化仪器仪表 3. 热处理设备的虚拟设计与制造 4. 热处理虚拟生产过程	当前热处理水平基本上处在技艺、经验阶段，缺少定量的过程监控，缺少对过程与结果关系的深层次了解和把握，缺少对热处理的理论与实验研究。这些也是与国外先进水平的主要差距	热处理属通用工艺，所有机械制造都离不开，因而应用极广。我国热处理水平普遍偏低，使用数字化技术改造现行设备、工艺、检验方法，市场前景十分广阔。轴承行业按 30% 覆盖，估计须 3 000 条生产线，市场容量超过 100 亿元
5	轴承故障诊断与失效分析技术	1. 轴承运转的实时监控技术 2. 轴承故障的表述模式 3. 故障信息采集及分析技术 4. 典型失效模式的建立与数字化处理技术 5. 仿真与模拟技术	当前我国轴承行业的故障诊断技术与失效分析方法还比较原始，缺少实验数据，缺少数字化手段，这是与国外的主要差距	轴承故障诊断技术与失效分析有很广阔的市场需求，除轴承行业外，也是许多轴承用户十分关注的，如航空系统的适情维修、铁路运输对车辆轮对的实时监控、各种大型能源设备的运行监控都是必不可少的

3. 关键技术研发应用项目

序号	项目名称	参加单位
1	新一代CAE/CAD/CAPP技术	瓦轴、洛轴、哈轴、洛轴所、河南科大、西北轴承、襄轴、东阿钢球、上海天安、天马、慈兴、公主岭轴承、沂蒙轴承、石家庄设备、韶关东南、广西轴承、长冶轴承、洛凌、瓦冶轴、南京轴承、新疆滚动及无锡堰微
2	轴承仿真设计、虚拟设计和试验技术	瓦轴、洛轴、哈轴、洛轴所、河南科大、襄轴、天马、上海天安、重庆长江、慈兴、公主岭轴承、烟台轴仪、常熟长城及南京轴承
3	风力发电机组轴承，高速度、高精度轧机轴承设计、制造和检测试验技术	瓦轴、洛轴、上海集优、大冶轴、哈轴、洛轴所、河南科大、天马、西北轴承、瓦冶矿、瓦冶轴、瓦东旭、瓦光洋、瓦正达、成都重型、江苏钢球、东阿钢球、烟台轴仪及聊城金帝
4	高速铁路客车和新型城市轨道交通装备轴承设计、制造和检测试验技术	瓦轴、洛轴、哈轴、洛轴所、河南科大、西北轴承、天马、东阿钢球、上滚及烟台轴仪
5	中、高档轿车轴承寿命与可靠性设计制造和试验技术	瓦轴、洛轴、哈轴、洛轴所、河南科大、襄轴、钱潮、重庆长江、江苏钢球、东阿钢球、公主岭轴承、江苏南方、苏州轴承、容天乐、烟台轴仪、西蒙西、开元、韶关东南、山东华天、株洲珍珠、上海振华、南京轴承、常州光洋、青岛泰德、洛凌、河南新机及新乡亿威
6	石油机械轴承、土压平衡盾构机轴承设计制造和试验技术	瓦轴、洛轴、哈轴、西北轴承、洛轴所、河南科大、襄轴、重庆长江、江苏通用、烟台轴仪、杭州中心、新疆滚动、新乡亿威及临清中瑞
7	静音与超静音、高速纺轴承设计制造和组配技术	瓦轴、人本、洛轴、哈轴、洛轴所、襄轴、钱潮、重庆长江、慈兴、公主岭轴承、浙江八环、五洲新春、AAA、江门机械、摩士、杭州中心、常熟长城、江苏钢球、东阿钢球及聊城金帝
8	磨加工自动线闭环检测和实时控制技术	瓦轴、洛轴、哈轴、洛轴所、人本、重庆长江、襄轴、石家庄设备、西蒙西、新乡亿威、濮阳贝英、慈兴及无锡堰微
9	G3级钢球、I级精密滚子制造技术	瓦轴、洛轴、哈轴、洛轴所、襄轴、江苏钢球、东阿钢球、海林、公主岭轴承、大冶轴、西蒙西、松北精工、河南新机、上海精密、新乡亿威、河南星彩及洛阳宜华
10	轴承工作表面修型、改性及失效分析技术	瓦轴、洛轴、哈轴、洛轴所、西北轴承、襄轴、天马、海林、上海天安、公主岭轴承、江苏南方、苏州轴承、杭州中心、大冶轴、黄石轴承、无锡堰微及大连隆正

（续）

序号	项目名称	参加单位
11	重型、精密和高速数控装备轴承设计制造技术	瓦轴、洛轴、哈轴、洛轴所、河南科大、襄轴、天马、钱潮、海林、公主岭轴承、苏州轴承、开元轴承、石家庄设备、阜阳轴承、广西轴承、合肥金工、大冶轴、西蒙西、长冶轴承、瓦冶轴、黄石轴承、新疆滚动、上海精密、新乡亿威及濮阳贝英
12	过程和结果精确可控的热处理工艺和检测技术	瓦轴、洛轴、哈轴、洛轴所、襄轴、重庆长江、海林、江苏钢球、东阿钢球、五洲新春、慈兴、苏州轴承、AAA、江门机械、山东华天、常熟长城、株洲珍珠及无锡堰微

附件 T　全国滚动轴承标准工作“十二五”规划㊀

“十一五”期间，新批准发布滚动轴承标准 116 项，其中国家标准 49 项，行业标准 67 项。

“十二五”期间，在产品结构调整、组织生产、提高质量、扩大市场、促进外贸出口及推动轴承行业整体技术进步等方面，标准化工作将继续发挥标准的引导作用和规范功能。在“十二五”期间，滚动轴承行业的标准化工作主要如下：

1. 完善滚动轴承标准体系

根据国家标准化管理委员会“关于实施国家标准化体系建设工程的通知”的要求，完善滚动轴承标准体系。滚动轴承产业的现行标准体系与布局基本合理，但也有问题。比如目前还有一些低档轴承产品的标准；高新技术、高附加值产品急需的关键技术标准内容不完整；有些标准规定了性能要求却没有制定相应的试验方法，或者制定了质量指标的试验方法却无质量指标的规定，致使标准无法配套使用；标准更新不及时，一些轴承产品已应用了先进的科技成果，但对应的标准没有及时修订。

滚动轴承新产品越来越多，用户要求越来越高，标准化缺失和滞后情况较突出，市场急需高端轴承产品标准。制定标准、实施标准，实质上就是推广应用先进技术、消化吸收先进技术和提高自主创新能力的过程。标准已成为科技创新成果产业化链条中必不可少的环节，成为知识转化为生产力的桥梁和工具。根据国务院公布的《装备制造业调整和振兴规划》十大领域重点工程和“十二五”滚动

㊀ 摘自中国轴承工业协会《全国轴承行业“十二五”发展规划》。

轴承产品的发展规划，在重点领域中积极开展基础标准研究，开展风力发电机主轴和增速器轴承、高速动车组轴承、大型精密高速数控机床轴承、重型机械轴承、新型城市轨道交通车辆轴承及 CT 机轴承等相关方面标准的研究，及时制修订风机轴承、轿车轴承、精密高速轴承及陶瓷轴承等标准。最大限度地满足市场需求，并及时制修订行业急需的高技术含量的产品标准和技术壁垒的贸易标准，使标准的内容及时跟上市场和主机的发展。“十二五”注重对直线运动滚动支承、专用和特种轴承、轴承单元和部件、一些测量方法及技术支撑标准的制修订。淘汰废止一些已不符合当前技术进步的标准和低档轴承产品的标准。

在轴承行业的标准中，标龄 10 年以上的国家标准占 30%，应随着产业结构调整加快标准制修订速度，及时修订标龄到期的标准。

2. 国际标准化工作

在采用国际标准和国外先进标准方面，做好标准的基础研究和试验验证工作，使标准化与科研项目同时进行，变被动的采用为有效采用，提高其标准水平，组织企业参与国际标准化活动，及时将我国的意见和建议反馈给国际标准化组织，争取参与 3 ～ 5 个国际标准的起草工作。准备承办 2013 年预定在中国召开的第 26 届 ISO/TC4 会议，使轴承行业标准化工作在国际标准化工作中迈上新的更高台阶。

3. 滚动轴承行业“十二五”期间拟制修订标准项目

滚动轴承行业“十二五”期间拟制修订标准 70 项。其中的主要项目如下：

序号	标准名称	制、修订	标准级别	修订标准编号
1	滚动轴承和关节轴承 电子媒体用查询结构 用特性词汇标志的特征和性能标准	制定	国标	
2	滚动轴承 GB/T 6391 的解释说明——第 1 部分：基本额定动载荷和基本额定寿命	制定	国标	
3	滚动轴承 GB/T 6391 的解释说明——第 2 部分：修正的额定寿命的计算，基于疲劳应力的系统方法	制定	国标	
4	滚动轴承 常规载荷条件下，轴承修正参考额定寿命的计算方法	制定	国标	

（续）

序号	标准名称	制、修订	标准级别	修订标准编号
5	滚动轴承 直线运动滚动支承 词汇	制定	国标	
6	滚动轴承 代号方法	修订	国标	GB/T 272 — 1993
7	滚动轴承与轴和外壳孔的配合	修订	国标	GB/T 275 — 1993
8	滚动轴承 钢球	修订	国标	GB/T 308 — 2002
9	滚动轴承 径向游隙	修订	国标	GB/T 4604 — 2006
10	滚动轴承 圆柱滚子	修订	国标	GB/T 4661 — 2002
11	滚动轴承 额定静载荷	修订	国标	GB/T 4662 — 2003
12	滚动轴承 防锈包装	修订	国标	GB/T 8597 — 2003
13	滚动轴承 风力发电机主轴轴承	制定	行标	
14	滚动轴承 摩擦力矩测量方法	制定	行标	
15	滚动轴承 汽 / 柴油发动机启动电机用轴承	制定	行标	
16	滚动轴承 高速精密轴承	制定	行标	
17	滚动轴承 重型机械轴承	制定	行标	
18	滚动轴承 纺织机械轴承	制定	行标	
19	高碳铬轴承钢滚动轴承零件 热处理技术条件	修订	行标	JB/T 1255 — 2001

（续）

序号	标准名称	制、修订	标准级别	修订标准编号
20	滚动轴承零件 渗碳热处理技术条件	修订	行标	JB/T 8881 — 2001
21	滚动轴承 风力发电机轴承	修订	行标	JB/T 10705 — 2007
22	滚动轴承零件 骨架式丁腈橡胶密封圈 技术条件	修订	行标	JB/T 6639 — 2004
23	滚动轴承 振动（加速度）测量方法	修订	行标	JB/T 5314 — 2002
24	滚动轴承 圆锥滚子轴承振动（速度） 技术条件	修订	行标	JB/T 10236 — 2001
25	滚动轴承 圆锥滚子轴承振动（加速度） 技术条件	修订	行标	JB/T 10237 — 2001
26	滚动轴承 汽车离合器用分离轴承及其单元	修订	行标	JB/T 5312 — 2001
27	滚动轴承零件 工程塑料保持架 技术条件	修订	行标	JB/T 7048 — 2002
28	滚动轴承 冲压外圈滚针轴承 技术条件	修订	行标	JB/T 8878 — 2001

4. 加大滚动轴承标准化的培训力度

开展标准化培训、重点标准宣贯，全面推动企业标准化工作。让企业理解标准、使用标准，是标准化服务的责任和义务，也是争取企业支持标准化、参与标准化工作的重要途径。

针对近几年标准制修订项目多、新参与标准化工作人员多的特点，“十二五”期间加强对标准起草人员的培训，提高标准编制质量；加强对企业标准化人员培训，提高企业参与标准化活动的能力。

附录　现行滚动轴承标准目录

一、滚动轴承国家标准目录

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
1	GB/T 271－2008	GB/T 271－1997 (－87, －64)	滚动轴承 分类	2008－08－01	GB(十九)
2	GB/T 272－1993	GB 272－88 (－64)	滚动轴承 代号方法	1994－07－01	GB(八)
3	GB/T 273.1－2011	GB/T 273.1－2003 [GB 273.1－87 (－81，－64)] GB/T 4648－1996 (GB 4648－84)	滚动轴承 外形尺寸总方案 第1部分：圆锥滚子轴承	2012－06－01	GB(二十二)
4	GB/T 273.2－2006	GB/T 273.2－1998 (－87, －81, －64)	滚动轴承 推力轴承 外形尺寸总方案	2006－08－01	GB(十七)
5	GB/T 273.3－1999	GB 273.3－88 (－82, －64)	滚动轴承 向心轴承 外形尺寸总方案	2000－03－01	GB(十三)
6	GB/T 274－2000	GB 274－91 (－82, －64)	滚动轴承 倒角尺寸 最大值	2001－05－01	GB(十三)
7	GB/T 275－1993	GB 275－84 (－64)	滚动轴承与轴和外壳的配合	1993－12－01	GB(七)
8	GB/T 276－1994	GB 276－89 (－82, －64) GB 277－89 (－82, －64) GB 278－89 (－82, －64) GB 279－88 (－79, －64) GB 4221－84	滚动轴承 深沟球轴承 外形尺寸	1995－10－01	GB (九)
9	GB/T 281－1994	GB 281－84 (－64) GB 282－87 (－81, －64)	滚动轴承 调心球轴承 外形尺寸	1995－10－01	GB (九)

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
10	GB/T 283 — 2007	GB/T 283 — 1994 [GB 283 — 87(— 81, — 64) GB 284 — 87(— 81, — 64)]	滚动轴承 圆柱滚子轴承 外形尺寸	2007 — 10 — 01	GB（十八）
11	GB/T 285 — 1994	GB 285 — 87 (— 81, — 64)	滚动轴承 双列圆柱滚子轴承 外形尺寸	1995 — 10 — 01	GB（九）
12	GB/T 288 — 1994	GB 287 — 87 (— 81, — 64) GB 288 — 87 (— 81, — 64)	滚动轴承 调心滚子轴承 外形尺寸	1995 — 10 — 01	GB（九）
13	GB/T 290 — 1998	GB 290 — 89 (— 82, — 64)	滚动轴承 冲压外圈滚针轴承 外形尺寸	1999 — 07 — 01	GB（十二）
14	GB/T 292 — 2007	GB/T 292 — 1994 [GB 292 — 83(— 64) GB 293 — 83(— 64) GB 295 — 83(— 64)]	滚动轴承 角接触球轴承 外形尺寸	2007 — 10 — 01	GB（十八）
15	GB/T 294 — 1994	GB 294 — 83 (— 64)	滚动轴承 三点和四点接触球轴承 外形尺寸	1995 — 10 — 01	GB（九）
16	GB/T 296 — 1994	GB 296 — 84 (— 64)	滚动轴承 双列角接触球轴承 外形尺寸	1995 — 10 — 01	GB（九）
17	GB/T 297 — 1994	GB 297 — 84 (— 64 GB 298 — 64)	滚动轴承 圆锥滚子轴承 外形尺寸	1995 — 10 — 01	GB（九）
18	GB/T 299 — 2008	GB/T 299 — 1995 (— 85, — 64)	滚动轴承 双列圆锥滚子轴承 外形尺寸	2008 — 08 — 01	GB（十九）
19	GB/T 300 — 2008	GB/T 300 — 1995 (— 87 , — 64)	滚动轴承 四列圆锥滚子轴承 外形尺寸	2008 — 08 — 01	GB（十九）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
20	GB/T 301 — 1995	GB 301 — 84 （— 64 GB 302 — 64） JB 5305 — 91（部分）	滚动轴承 推力球轴承 外形尺寸	1996 — 08 — 01	GB（十）
21	GB/T 304.1 — 2002	GB 304.1 — 88 （— 81）	关节轴承 分类	2003 — 05 — 01	GB（十四）
22	GB/T 304.2 — 2002	GB 304.2 — 88 （— 81） JB 2907 — 81	关节轴承 代号方法	2003 — 05 — 01	GB（十四）
23	GB/T 304.3 — 2002	GB 304.3 — 90 （— 81）	关节轴承 配合	2003 — 05 — 01	GB（十四）
24	GB/T 304.9 — 2008	GB 304.9 — 1981（部分） JB/T 8879 — 2001 [— 1999 （ZB J11 022 — 89） JB/T 5390 — 1991]	关节轴承 通用技术规则	2008 — 08 — 01	GB（十九）
25	GB/T 305 — 1998	GB 305 — 89 （— 82，— 64）	滚动轴承 外圈上的止动槽和止动环 尺寸和公差	1999 — 07 — 01	GB（十二）
26	GB/T 307.1 — 2005	GB/T 307.1 — 1994 {GB 307.1 — 84 [部分代替 GB 307 — 77 （— 64） 部分代替 JB 2642 — 79] GB 7812 — 87}	滚动轴承 向心轴承 公差	2005 — 08 — 01	GB（十六）
27	GB/T 307.2 — 2005	GB/T 307.2 — 1995 {GB 307.2 — 84 [部分代替 GB 307 — 77 （— 64）]}	滚动轴承 测量和检验的原则及方法	2005 — 08 — 01	GB（十六）
28	GB/T 307.3 — 2005	GB/T 307.3 — 1996 {GB 307.3 — 84 [部分代替 GB 307 — 77 （— 64） 部分代替 JB 2642 — 79]}	滚动轴承 通用技术规则	2005 — 08 — 01	GB（十六）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
29	GB/T 307.4 — 2002	GB/T 307.4 — 1994（部分代替 GB 307.1 — 84）	滚动轴承 推力轴承 公差	2003 — 05 — 01	GB（十四）
30	GB/T 308 — 2002	GB 308 — 89 (—84，—77，—64)	滚动轴承 钢球	2003 — 05 — 01	GB（十四）
31	GB/T 308.2 — 2010	—	滚动轴承 球 第 2 部分：陶瓷球	2011 — 06 — 01	GB(二十一)
32	GB/T 309 — 2000	GB 309 — 84 (— 77，— 64)	滚动轴承 滚针	2001 — 05 — 01	GB（十三）
33	GB/T 3882 — 1995	GB 3882 — 87 (GB 3882.1～.3—83)	滚动轴承 外球面球轴承和偏心套 外形尺寸	1996 — 08 — 01	GB（十）
34	GB/T 3944 — 2002	GB 3944 — 83	关节轴承 词汇	2003 — 05 — 01	GB（十四）
35	GB/T 4199 — 2003	GB 4199 — 84	滚动轴承 公差 定义	2004 — 06 — 01	GB（十五）
36	GB/T 4604 — 2006	GB/T 4604 — 1993 (— 84)	滚动轴承 径向游隙	2006 — 08 — 01	GB（十七）
37	GB/T 4605 — 2003	GB 4605 — 84	滚动轴承 推力滚针和保持架组件及推力垫圈	2004 — 06 — 01	GB（十五）
38	GB/T 4661 — 2002	GB 4661 — 89 (— 84)	滚动轴承 圆柱滚子	2003 — 05 — 01	GB（十四）
39	GB/T 4662 — 2003	GB/T 4662 — 93 (— 84)	滚动轴承 额定静载荷	2004 — 06 — 01	GB（十五）
40	GB/T 4663 — 1994	GB 4663 — 84	滚动轴承 推力圆柱滚子轴承 外形尺寸	1995 — 10 — 01	GB（九）
41	GB/T 5800 — 2003	GB 5800 — 86	滚动轴承 仪器用精密轴承	2004 — 06 — 01	GB（十五）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
42	GB/T 5801 — 2006	GB/T 5801 — 1994 [GB 5801 — 86 (JB 2582 — 79)]	滚动轴承 48、49 和 69 尺寸系列滚针轴承 外形尺寸和公差	2006 — 08 — 01	GB（十七）
43	GB/T 5859 — 2008	GB/T 5859 — 1994 GB 5859 — 86	滚动轴承 推力调心滚子轴承 外形尺寸	2008 — 08 — 01	GB（十九）
44	GB/T 5868 — 2003	GB 5868 — 86	滚动轴承 安装尺寸	2004 — 05 — 01	GB（十五）
45	GB/T 6391 — 2010	GB/T 6391 — 2003 (— 95, — 86) GB/T 20059 — 2006	滚动轴承 额定动载荷和额定寿命	2011 — 10 — 01	GB（二十二）
46	GB/T 6445 — 2007	GB/T 6445.1 — 1996 （部分代替 GB 6445 — 86） GB/T 6445.2 — 1996 （部分代替 GB 6445 — 86）	滚动轴承 滚轮滚针轴承 外形尺寸和公差	2007 — 10 — 01	GB（十八）
47	GB/T 6930 — 2002	GB 6930 — 86	滚动轴承 词汇	2003 — 05 — 01	GB（十四）
48	GB/T 7217 — 2002	GB 7217 — 87 (JB 1364 — 73)	滚动轴承 凸缘外圈向心球轴承 凸缘尺寸	2003 — 05 — 01	GB（十四）
49	GB/T 7218 — 1995	GB 7218 — 87 (JB 1365 — 73) GB 7219 — 87 (JB 1366 — 73)	滚动轴承 凸缘外圈微型向心球轴承 外形尺寸	1996 — 08 — 01	GB（十）
50	GB/T 7809 — 1995	GB 7809 — 87 (GB 3882.4 ～ .9 — 83 JB 1637 — 75 JB 1638 — 75)	滚动轴承 外球面球轴承座 外形尺寸	1996 — 08 — 01	GB（十）
51	GB/T 7810 — 1995	GB 7810 — 87 (JB 1637 — 75 JB 1638 — 75)	滚动轴承 带座外球面球轴承 外形尺寸	1996 — 08 — 01	GB（十）
52	GB/T 7811 — 2007	GB/T 7811 — 1999 (GB 7811 — 87)	滚动轴承 参数符号	2007 — 10 — 01	GB（十八）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
53	GB/T 7813—2008	GB/T 7813—1998 [—87 (JB 2558—79 JB 2559—91)]	滚动轴承 剖分立式轴承座 外形尺寸	2008—08—01	GB（十九）
54	GB/T 8597—2003	GB 8597—88 JB/T 3034—93 (—82)	滚动轴承 防锈包装	2004—05—01	GB（十五）
55	GB/T 9160.1—2006	JB/T 7919.1—1999 {JB/T 7919.1—95 (GB 6584—86) JB/T 7919.7—95(部分) [GB 310—87 (—64)] JB/T 7919.2—1999 {JB/T 7919.2—95 (GB 9160.1—88) JB/T 7919.3—95 [GB 9160.2—88 (部分代替GB 306—81)] JB/T 7919.7—95(部分) [GB 310—87 (—64)]}	滚动轴承 附件 第1部分：锥形衬套	2006—12—01	GB（十八）
56	GB/T 9160.2—2006	JB/T 7919.3—1999 {JB/T 7919.4—95 [GB 9160.3—88 (部分代替GB 306—81)] JB/T 7919.5—95 [GB 9160.4—88 (部分代替GB 306—81)] JB/T 7919.6—95 (GB 9160.5—88) JB/T 7919.7—95(部分) [GB 310—87 (—64)] JB/T 7916—95 (GB 4664—84)}	滚动轴承 附件 第2部分：锁紧螺母和锁紧装置	2006—11—01	GB（十八）
57	GB/T 9161—2001	GB 9161—88 [GB 4222—84(部分)] GB 4222—91 (—84)	关节轴承 杆端关节轴承	2002—04—01	GB（十四）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
58	GB/T 9162 — 2001	GB 9162 — 90 [— 88 [(JB 2915 — 81 JB 2916 — 81)]] GB 304.10 — 89（部分） [GB 304.9 — 81（部分） (GB 304 — 64)]	关节轴承 推力关节轴承	2002 — 04 — 01	GB（十四）
59	GB/T 9163 — 2001	GB 9163 — 90 [-88 [(GB 304.5 ～ .8 — 81 GB 3945 — 83)]] GB 304.10 — 89（部分） [GB 304.9 — 81（部分） (GB 304 — 64)] GB 4646 — 91 （— 84） GB/T 12278 — 1990 （JB 2908 — 81）	关节轴承 向心关节轴承	2002 — 04 — 01	GB（十四）
60	GB/T 9164 — 2001	GB 9164 — 90 [— 88 [(JB 2912 — 81 JB 2913 — 81)]] GB 304.10 — 89（部分） [GB 304.9 — 81（部分） (GB 304-64)]	关节轴承 角接触关节轴承	2002 — 04 — 01	GB（十四）
61	GB/T 12764 — 2009	GB/T 12764 — 1991	滚动轴承 无内圈、冲压外圈滚针轴承 外形尺寸和公差	2010 — 04 — 01	GB（二十）
62	GB/T 12765 — 1991	—	关节轴承 安装尺寸	1992 — 01 — 01	GB（七）
63	GB/T 16643 — 1996	ZB J11 011 — 87 （JB 3124 — 82）	滚动轴承 滚针和推力圆柱滚子组合轴承 外形尺寸	1997 — 07 — 01	GB（十一）
64	GB/T 16940 — 1997	ZB J11 006 — 87	直线运动支承 直线运动球轴承 外形尺寸和公差	1998 — 04 — 01	GB（十二）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
65	GB/T 19673 — 2005	—	直线运动滚动支承 套筒型循环球直线运动轴承附件	2005 — 08 — 01	GB（十六）
66	GB/T 20056 — 2006	JB/T 7918 — 1997 {JB/T 7918 — 95 [GB 5846 — 86 (JB 2581 — 79)]}	滚动轴承 向心滚针和保持架组件 尺寸和公差	2006 — 08 — 01	GB（十七）
67	GB/T 20057 — 2006	—	滚动轴承 单列圆柱滚子轴承 平挡圈和套圈无挡边端倒角尺寸	2006 — 08 — 01	GB（十七）
68	GB/T 20058 — 2006	—	滚动轴承 单列角接触球轴承 外圈非推力端倒角尺寸	2006 — 08 — 01	GB（十七）
69	GB/T 20060 — 2011	GB/T 20060 — 2006 {JB/T 7917 — 1999 [— 95 (GB 4665 — 84)]}	滚动轴承 圆柱滚子轴承 可分离斜挡圈外形尺寸	2012 — 06 — 01	GB（二十二）
70	GB/T 21559.1 — 2008	—	滚动轴承 直线运动滚动支承 第 1 部分：额定动载荷和额定寿命	2008 — 09 — 01	GB（十九）
71	GB/T 21559.2 — 2008	—	滚动轴承 直线运动滚动支承 第 2 部分：额定静载荷	2008 — 09 — 01	GB（十九）
72	GB/T 24604 — 2009	JB/T 8564 — 1997	滚动轴承 机床丝杠用推力角接触球轴承	2010 — 04 — 01	GB（二十）
73	GB/T 24605 — 2009	JB/T 3574 — 1997 [— 92, — 84 (部分代替 GB 2349 — 79)]	滚动轴承 产品标志	2010 — 04 — 01	GB（二十）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
74	GB/T 24606 — 2009	JB/T 10338 — 2002	滚动轴承 无损检测 磁粉检测	2010 — 04 — 01	GB（二十）
75	GB/T 24607 — 2009	JB/T 50013 — 2000 [— 1994 (JB/T 7049 — 93)] ZQ 12 — 84 JB/T 50093 — 1997 [JB/CQ 37 — 91 (ZQ 37 — 85)]	滚动轴承 寿命与可靠性试验及评定	2010 — 04 — 01	GB（二十）
76	GB/T 24608 — 2009	JB/T 8921 — 1999 [ZB J11 020 — 89 (JB 3371 — 83)]	滚动轴承及其商品零件检验规则	2010 — 04 — 01	GB（二十）
77	GB/T 24609 — 2009	—	滚动轴承 额定热转速 计算方法和系数	2010 — 04 — 01	GB（二十）
78	GB/T 24610.1 — 2009	—	滚动轴承 振动测量方法 第1部分：基础	2010 — 04 — 01	GB（二十）
79	GB/T 24610.2 — 2009	—	滚动轴承 振动测量方法 第2部分：具有圆柱孔和圆柱外表面的向心球轴承	2010 — 04 — 01	GB（二十）
80	GB/T 24610.3 — 2009	—	滚动轴承 振动测量方法 第3部分：具有圆柱孔和圆柱外表面的调心滚子轴承和圆锥滚子轴承	2010 — 04 — 01	GB（二十）
81	GB/T 24610.4 — 2009	—	滚动轴承 振动测量方法 第4部分：具有圆柱孔和圆柱外表面的圆柱滚子轴承	2010 — 01 — 01	GB（二十）
82	GB/T 24611 — 2009	—	滚动轴承 损伤和失效术语、特征及原因	2010 — 04 — 01	GB（二十）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
83	GB/T 25760—2010	JB/T 3122—2007（—91，—82）	滚动轴承 滚针和推力球组合轴承 外形尺寸	2011—06—01	GB（二十一）
84	GB/T 25761—2010	JB/T 3123—2007（—91，—82）	滚动轴承 滚针和角接触球组合轴承 外形尺寸	2011—06—01	GB（二十一）
85	GB/T 25762—2010	JB/T 3372—2004（—92，—83）	滚动轴承 摩托车连杆支承用滚针和保持架组件	2011—06—01	GB（二十一）
86	GB/T 25763—2010	—	滚动轴承 汽车变速箱用滚针轴承	2011—06—01	GB（二十一）
87	GB/T 25764—2010	—	滚动轴承 汽车变速箱用滚子轴承	2011—06—01	GB（二十一）
88	GB/T 25765—2010	—	滚动轴承 汽车变速箱用球轴承	2011—06—01	GB（二十一）
89	GB/T 25766—2010	JB/T 5304—2007（—91）	滚动轴承 外球面球轴承径向游隙	2011—06—01	GB（二十一）
90	GB/T 25767—2010	JB/T 10235—2001 {JB/T 58001—92 [JBn 2567—83 ZQ 61—86（部分）]}	滚动轴承 圆锥滚子	2011—06—01	GB（二十一）
91	GB/T 25768—2010	JB/T 6644—2007（—93）	滚动轴承 滚针和双向推力圆柱滚子组合轴承	2011—06—01	GB（二十一）
92	GB/T 25769—2010	JB/T 3573—2004 [—93，—84 (JB 2351—78 JB 2353—78)]	滚动轴承 径向游隙的测量方法	2011—06—01	GB（二十一）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
93	GB/T 25770—2010	部分代替 JB/T 9144—2010 {—1999 [ZB J11 002—87 (部分代替 JB 1589—81, —75)]}	滚动轴承 铁路货车轴承	2011—06—01	GB（二十一）
94	GB/T 25771—2010	JB/T 8924—2010 {—1999 [ZB J11 001—87 (部分代替 JB 1589—81, —75)]}	滚动轴承 铁路机车轴承	2011—06—01	GB（二十一）
95	GB/T 25772—2010	部分代替 JB/T 9144—2010 {—1999 [ZB J11 002—87 (部分代替 JB 1589—81, —75)]}	滚动轴承 铁路客车轴承	2011—06—01	GB（二十一）
96	GB/T 27554—2011	JB/T 6640—2007 [—1993 (ZB J11 012—88)]	滚动轴承 带座外球面球轴承 代号方法	2012—06—01	GB（二十二）
97	GB/T 27555—2011	JB/T 8875—2001 [—1999 (ZB J11 007—87)]	滚动轴承 带座外球面球轴承 技术条件	2012—06—01	GB（二十二）
98	GB/T 27556—2011	—	滚动轴承 向心轴承定位槽尺寸和公差	2012—06—01	GB（二十二）
99	GB/T 27557—2011	部分代替 JB/T 10335—2002 [CSBTS TC98.40—1997 (ZQ 64—86) CSBTS TC98.41—1997 (ZQ 65—86)]	滚动轴承 直线运动滚动支承 代号方法	2012—06—01	GB（二十二）
100	GB/T 27558—2011	部分代替 JB/T 10335—2002 [CSBTS TC98.40—1997 (ZQ 64—86) CSBTS TC98.41—1997 (ZQ 65—86)]	滚动轴承 直线运动滚动支承 分类	2012—06—01	GB（二十二）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
101	GB/T 27559—2011	JB/T 5386—2005 [JB/T 5386—1991(部分)]	滚动轴承 机床主轴用圆柱滚子轴承	2012—06—01	GB（二十二）
102	GB/T 27560—2011	JB/T 8876—2010 {—2000，—1999 [ZB J11 009—87 (部分代替 JB 1652—75)]}	滚动轴承 外球面球轴承铸造座 技术条件	2012—06—01	GB（二十二）

二、滚动轴承机械行业标准目录

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
1	JB/T 1255—2001	JB 1255—91 (—81，—72)	高碳铬轴承钢滚动轴承零件热处理技术条件	2001—10—01	JB(十二)
2	JB/T 1460—2011	—2002 [—92 (—84，—74)]	滚动轴承 高碳铬不锈钢轴承零件 热处理技术条件	2011—11—01	JB（二十一）
3	JB/T 2644—2002	JB 2644—91 (—79) JB/T 2645—91 (—79)	滚动轴承 坐标镗床主轴2级圆锥滚子轴承 技术条件	2002—12—01	JB（十三）
4	JB/T 2781—2005	JB/T 2781—1991 (JB 2781—79)	滚动轴承 微型球轴承 技术条件	2006—02—01	JB（十六）
5	JB/T 2850—2007	JB/T 2850—1993 (—80)	滚动轴承 Gr4Mo4V高温轴承钢零件 热处理技术条件	2007—09—01	JB（十八）
6	JB/T 2974—2004	JB/T 2974—93 (—81) (汽33—58)	滚动轴承 代号方法的补充规定	2004—06—01	JB（十四）
7	JB/T 3016—2004	JB 3016—91 (—81) JB 3017—91	滚动轴承 包装箱 技术条件	2004—06—01	JB（十四）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
8	JB/T 3232 — 2006	JB/T 3232 — 1994 [ZB J11 014 — 88 JB 3232 — 83 （汽 60 — 58）]	滚动轴承 万向节滚针轴承	2006 — 10 — 01	JB（十七）
9	JB/T 3370 — 2011	JB/T 3370 — 2002 （— 91，— 83）	滚动轴承 万向节圆柱滚子轴承	2012 — 04 — 01	JB（二十二）
10	JB/T 3588 — 2007	JB/T 3588 — 1994 [— 84(GB 289 — 64)]	滚动轴承 满装滚针轴承外形尺寸和公差	2007 — 09 — 01	JB（十八）
11	JB/T 3632 — 2005	JB/T 3632 — 1993 (JB 3632 — 84)	滚动轴承 轧机压下机构用满装圆锥滚子推力轴承	2006 — 02 — 01	JB（十六）
12	JB/T 4036 — 2004	JB/T 4036 — 1993 （— 85）	滚动轴承 运输用托盘和大木箱	2004 — 06 — 01	JB（十四）
13	JB/T 4037 — 2007	JB/T 4037 — 1993 （— 85）	滚动轴承 酚醛层压布管保持架 技术条件	2007 — 09 — 01	JB（十八）
14	JB/T 5301 — 2007	JB/T 5301 — 1991	滚动轴承 碳钢球	2007 — 09 — 01	JB（十八）
15	JB/T 5302 — 2002	JB 5302 — 91	外球面球轴承座 补充结构 外形尺寸	2002 — 12 — 01	JB（十三）
16	JB/T 5303 — 2002	JB 5303 — 91	带座外球面球轴承 补充结构外形尺寸	2002 — 12 — 01	JB（十三）
17	JB/T 5305 — 2006	JB/T 5305 — 1991	滚动轴承 带调心座垫圈的推力球轴承 公差	2006 — 10 — 01	JB（十七）
18	JB/T 5306 — 2007	JB/T 5306 — 1991	关节轴承 自润滑球头螺栓杆端关节轴承外形尺寸和公差	2007 — 09 — 01	JB（十八）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
19	JB/T 5312 — 2011	JB/T 5312 — 2001 (— 91)	滚动轴承 汽车离合器分离轴承及其单元	2012 — 04 — 01	JB（二十二）
20	JB/T 5314 — 2002	JB/T 5314 — 91 (ZQ 25 — 84)	滚动轴承 振动（加速度）测量方法	2002 — 12 — 01	JB（十三）
21	JB/T 5388 — 2010	JB/T 5388 — 1999 (— 91)	滚动轴承 套筒型直线球轴承 技术条件	2010 — 07 — 01	JB（二十）
22	JB/T 5389.1 — 2005	JB/T 5389.1 — 1995 [JB/T 5389 — 91 JB/T 4039 — 85]	滚动轴承 轧机用四列圆柱滚子轴承	2006 — 02 — 01	JB（十六）
23	JB/T 5389.2 — 2005	JB/T 5389.2 — 1995	滚动轴承 轧机用双列和四列圆锥滚子轴承	2006 — 02 — 01	JB（十六）
24	JB/T 5391 — 2007	JB/T 5391 — 1991	滚动轴承 铁路机车和车辆滚动轴承零件磁粉探伤规程	2007 — 09 — 01	JB（十八）
25	JB/T 5392 — 2007	JB/T 5392 — 1991	滚动轴承 铁路机车和车辆滚动轴承零件裂纹检验	2007 — 09 — 01	JB（十八）
26	JB/T 6362 — 2007	JB/T 6362 — 1995 [— 92 (ZQ 40 — 85) JB 5386 — 91（部分）]	滚动轴承 机床主轴用双向推力角接触球轴承	2007 — 09 — 01	JB（十八）
27	JB/T 6363 — 2007	JB/T 6363 — 1992 (ZQ 41 — 85)	滚动轴承 外球面球轴承冲压座 技术条件	2007 — 09 — 01	JB（十八）
28	JB/T 6364 — 2005	JB/T 6364 — 1992 JB/T 6365 — 1992 (ZQ 44 — 85)	直线运动滚动支承 循环式滚针、滚子导轨支承	2005 — 11 — 01	JB（十六）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
29	JB/T 6366 — 2007	JB/T 6366 — 1992	滚动轴承 中碳耐冲击轴承钢零件 热处理技术条件	2007 — 09 — 01	JB（十八）
30	JB/T 6635 — 2007	JB/T 6635 — 1993	滚动轴承 变速传动轴承	2007 — 09 — 01	JB（十八）
31	JB/T 6636 — 2007	JB/T 6636 — 1993	滚动轴承 机器人用薄壁密封轴承	2007 — 09 — 01	JB（十八）
32	JB/T 6637 — 2004	JB/T 6637 — 93 ZQ 7 — 82	滚动轴承 标准器技术条件	2004 — 06 — 01	JB（十四）
33	JB/T 6639 — 2004	JB/T 6639 — 93 [ZQ 31 — 85（试行）]	滚动轴承零件 骨架式丁腈橡胶密封圈 技术条件	2004 — 06 — 01	JB（十四）
34	JB/T 6641 — 2007	JB/T 6641 — 1993 (ZQ 33 — 85) JB/T 8196 — 1996	滚动轴承 残磁及其评定方法	2007 — 09 — 01	JB（十八）
35	JB/T 6642 — 2004	JB/T 6642 — 93 (ZQ 42 — 85)	滚动轴承零件 圆度和波纹度误差测量及评定方法	2004 — 06 — 01	JB（十四）
36	JB/T 6643 — 2004	JB/T 6643 — 93 (ZQ 45 — 85)	滚动轴承 四点接触球轴承轴向游隙	2005 — 04 — 01	JB（十五）
37	JB/T 7047 — 2006	JB/T 7047 — 1999 [JB 7047 — 93 (ZQ 2 — 85 ZQ 6 — 85 JB/CQ 117 — 89)]	滚动轴承 深沟球轴承振动（加速度）技术条件	2006 — 10 — 01	JB（十七）
38	JB/T 7048 — 2011	JB/T 7048 — 2002 (JB/T 7048 — 93 JB/T 6638 — 93)	滚动轴承 工程塑料保持架 技术条件	2012 — 04 — 01	JB（二十二）
39	JB/T 7050 — 2005	JB/T 7050 — 1993 [ZQ 11 — 85（试行）]	滚动轴承 清洁度评定方法	2005 — 11 — 01	JB（十六）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
40	JB/T 7051 — 2006	JB/T 7051 — 1993 [ZQ 9 — 83(88 年确认) JB/CQ 82 — 87]	滚动轴承零件表面粗糙度测量和评定方法	2006 — 10 — 01	JB（十七）
41	JB/T 7358 — 2007	JB/T 7358 — 1994	滚动轴承 非磨球轴承	2007 — 09 — 01	JB（十八）
42	JB/T 7359 — 2007	JB/T 7359 — 1994	直线运动滚动支承 滚针和保持架组件	2007 — 09 — 01	JB（十八）
43	JB/T 7360 — 2007	JB/T 7360 — 1994	滚动轴承 叉车门架用滚轮、链轮轴承 技术条件	2007 — 09 — 01	JB（十八）
44	JB/T 7361 — 2007	JB/T 7361 — 1994	滚动轴承 零件硬度试验方法	2007 — 09 — 01	JB（十八）
45	JB/T 7362 — 2007	JB/T 7362 — 1994	滚动轴承 零件脱碳层深度测定法	2007 — 09 — 01	JB（十八）
46	JB/T 7363 — 2011	JB/T 7363 — 2002 (— 1994)	滚动轴承 低碳钢轴承零件碳氮共渗 热处理技术条件	2011 — 11 — 01	JB（二十一）
47	JB/T 7750 — 2007	JB/T 7750 — 1995 (ZB J11 004 — 87)	滚动轴承 推力调心滚子轴承 技术条件	2007 — 09 — 01	JB（十八）
48	JB/T 7751 — 2005	JB/T 7751 — 1995 (ZQ 47 — 86)	滚动轴承 推力圆锥滚子轴承	2006 — 02 — 01	JB（十六）
49	JB/T 7752 — 2005	JB/T 7752 — 1995 [ZB J11 018 — 89 (ZQ 30 — 85)]	滚动轴承 密封深沟球轴承 技术条件	2006 — 02 — 01	JB（十六）
50	JB/T 7753 — 2007	JB/T 7753 — 1995	滚动轴承 鼓风机轴承 技术条件	2007 — 09 — 01	JB（十八）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
51	JB/T 7754—2007	JB/T 7754—1995	滚动轴承 双列满装圆柱滚子滚轮轴承	2007—09—01	JB（十八）
52	JB/T 7755—2007	JB/T 7755—1995	滚动轴承 附件 外球面球轴承用紧定螺钉	2007—09—01	JB（十八）
53	JB/T 8167—2006	JB/T 8167—1996	滚动轴承 汽车发电机轴承技术条件	2006—10—01	JB（十七）
54	JB/T 8211—2005	JB/T 8211—1996 (ZQ 60—86)	滚动轴承 推力圆柱滚子和保持架组件及推力垫圈	2006—02—01	JB（十六）
55	JB/T 8236—2010	JB/T 8236—1996 (ZB J11 005—87 ZB J11 015—87)	滚动轴承 双列和四列圆锥滚子轴承游隙及调整方法	2010—07—01	JB（二十）
56	JB/T 8513—2010	JB/T 8513—1996 (GB 9150—88)	滚动轴承 带座外球面球轴承 分类	2010—07—01	JB（二十）
57	JB/T 8563—2010	JB/T 8563—1997 (ZB J11 016.1—88 ZB J11 016.2—88)	滚动轴承 水泵轴连轴承	2010—07—01	JB（二十）
58	JB/T 8565—2010	JB/T 8565—1997	关节轴承 额定动载荷与寿命	2010—07—01	JB（二十）
59	JB/T 8566—2008	JB/T 8566—1997 (JB/CQ/T 130—91) JB/T 8569—1997 (JB/CQ/T 131—91)	滚动轴承 碳钢轴承零件 热处理技术条件	2008—09—01	JB（十九）
60	JB/T 8567—2010	JB/T 8567—1997	关节轴承 额定静载荷	2010—07—01	JB（二十）
61	JB/T 8568—2010	JB/T 8568—1997 (JB/CQ 118—89)	滚动轴承 输送链用圆柱滚子滚轮轴承	2010—07—01	JB（二十）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
62	JB/T 8570 — 2008	JB/T 8570 — 1997 [JB/CQ 108—88(试行)]	滚动轴承 碳钢深沟球轴承	2008 — 09 — 01	JB（十九）
63	JB/T 8571 — 2008	JB/T 8571 — 1997 (JB/CQ 85 — 87 JB/CQ 86 — 87 JB/CQ 99 — 87)	滚动轴承 密封深沟球轴承防尘、漏脂、温升性能试验规程	2008 — 09 — 01	JB（十九）
64	JB/T 8717 — 2010	JB/T 8717 — 1998	滚动轴承 转向器用推力角接触球轴承	2010 — 07 — 01	JB（二十）
65	JB/T 8721 — 2010	JB/T 8721 — 1998	滚动轴承 磁电机球轴承	2010 — 07 — 01	JB（二十）
66	JB/T 8722 — 2010	JB/T 8722 — 1998 (ZQ 67 — 86)	滚动轴承 煤矿输送机械用轴承	2010 — 07 — 01	JB（二十）
67	JB/T 8874 — 2010	JB/T 8874 — 2000 {— 1999 [ZB J11 003 — 87 (部分代替 JB 2564 — 79)]}	滚动轴承 剖分立式轴承座技术条件	2010 — 07 — 01	JB（二十）
68	JB/T 8877 — 2011	JB/T 8877 — 2001 [— 1999 (ZB J11 010 — 87)]	滚动轴承 滚针组合轴承 技术条件	2012 — 04 — 01	JB（二十二）
69	JB/T 8878 — 2011	JB/T 8878 — 2001 {— 1999 [ZB J11 019 — 89 (部分代替 GB 290-82)]}	滚动轴承 冲压外圈滚针轴承 技术条件	2012 — 04 — 01	JB（二十二）
70	JB/T 8880 — 2010	JB/T 8880 — 2000 [— 1999 (ZB J11 027 — 89)]	滚动轴承 电机用深沟球轴承 技术条件	2010 — 07 — 01	JB（二十）
71	JB/T 8881 — 2011	JB/T 8881 — 2001 {— 1999 [JB/T 8881 — 1999 (ZB J36 001 — 86) JB/T 8882 — 1999 (ZB J36 002 — 86)]}	滚动轴承 零件渗碳热处理技术条件	2012 — 04 — 01	JB（二十二）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
72	JB/T 8919 — 2010	JB/T 8919 — 1999 ZB J11 008 — 87 （部分代替 JB 1650 — 75）	滚动轴承 外球面球轴承和偏心套 技术条件	2010 — 07 — 01	JB（二十）
73	JB/T 8922 — 2011	JB/T 8922 — 1999 （JB/CQ 106 — 88）	滚动轴承 圆柱滚子轴承振动（速度）技术条件	2011 — 11 — 01	JB（二十一）
74	JB/T 8923 — 2010	JB/T 8923 — 1999 JB/T 53409 — 94 （JB/CQ 87 — 87）	滚动轴承 钢球振动（加速度）技术条件	2010 — 07 — 01	JB（二十）
75	JB/T 8925 — 2008	JB/T 8925 — 1999	滚动轴承 汽车万向节十字轴总成 技术条件	2008 — 09 — 01	JB（十九）
76	JB/T 9145 — 2010	JB/T 9145 — 1999 （ZB J11 017 — 89）	滚动轴承 硬质合金球	2010 — 07 — 01	JB（二十）
77	JB/T 10186 — 2010	JB/T 10186 — 2000 （ZQ 70 — 86）	滚动轴承 组配角接触球轴承 技术条件	2010 — 07 — 01	JB（二十）
78	JB/T 10187 — 2011	JB/T 10187 — 2000 JB/T 50009 — 94 ZQ 29 — 86（试行） JB/CQ 116 — 89	滚动轴承 深沟球轴承振动（速度） 技术条件	2011 — 11 — 01	JB（二十一）
79	JB/T 10188 — 2010	JB/T 10188 — 2000	滚动轴承 汽车转向节用推力轴承	2010 — 07 — 01	JB（二十）
80	JB/T 10189 — 2010	JB/T 10189 — 2000	滚动轴承 汽车用等速万向节及其总成	2010 — 07 — 01	JB（二十）
81	JB/T 10190 — 2010	JB/T 10190 — 2000 （JB/CQ 78 — 87）	滚动轴承 包装用塑料筒	2010 — 07 — 01	JB（二十）
82	JB/T 10236 — 2001	JB/CQ 106 — 87	滚动轴承 圆锥滚子轴承振动（速度） 技术条件	2001 — 10 — 01	JB（十二）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
83	JB/T 10237 — 2001	CSBTS TC98.49 — 1997 JB/CQ 102 — 87(试行)	滚动轴承 圆锥滚子轴承振动（加速度）技术条件	2001 — 10 — 01	JB（十二）
84	JB/T 10238 — 2011	JB/T 10238 — 2001	滚动轴承 汽车轮毂轴承单元	2011 — 11 — 01	JB（二十一）
85	JB/T 10239 — 2011	JB/T 10239 — 2001	滚动轴承 深沟球轴承卷边防尘盖技术条件	2012 — 04 — 01	JB（二十二）
86	JB/T 10336 — 2002	JB/T 53405 — 94 (JB/CQ 13 — 87) JB/T 53406 — 94 (JB/CQ 14 — 88)	滚动轴承及其零件 补充技术条件	2002 — 12 — 01	JB（十三）
87	JB/T 10337 — 2002	CSBTS TC98.51 — 1999 JB/T 50010 — 94 (ZQ 26 ～ 27 — 84 ZQ 32 — 85 ZQ 55 ～ 57 — 86 ZQ 75 ～ 76 — 86 JB/CQ 104 — 88 JB/CQ/T 129 — 91)	滚动轴承零件 冲压保持架技术条件	2002 — 12 — 01	JB（十三）
88	JB/T 10470 — 2004	JB/T 58006 — 92 (ZQ 23 — 84 JB/CQ 98 — 87)	滚动轴承零件 铆钉	2005 — 04 — 01	JB（十五）
89	JB/T 10471 — 2004	—	滚动轴承 转盘轴承	2005 — 04 — 01	JB（十五）
90	JB/T 10510 — 2005	—	滚动轴承材料接触疲劳试验方法	2005 — 11 — 01	JB（十六）
91	JB/T 10531 — 2005	—	滚动轴承 汽车空调电磁离合器用双列角接触球轴承	2006 — 02 — 01	JB（十六）

（续）

序号	新标准号	旧标准号	标准名称	实施日期	备注
92	JB/T 10560 — 2006	—	滚动轴承 防锈油、清洗剂清洁度及评定方法	2006 — 10 — 01	JB（十七）
93	JB/T 10705 — 2007	—	滚动轴承 风力发电机轴承	2007 — 09 — 01	JB（十八）
94	JB/T 10857 — 2008	—	滚动轴承 农机用圆盘轴承	2008 — 09 — 01	JB（十九）
95	JB/T 10858 — 2008	—	关节轴承 静载荷试验规程	2008 — 09 — 01	JB（十九）
96	JB/T 10859 — 2008	—	滚动轴承 汽车发动机张紧轮和惰轮轴承及其单元	2008 — 09 — 01	JB（十九）
97	JB/T 10860 — 2008	—	关节轴承 动载荷与寿命试验规程	2008 — 09 — 01	JB（十九）
98	JB/T 10861 — 2008	JB/T 53404.1 — 1994 (ZQ 8 — 83) JB/T 53404.2 — 1994 (ZQ 8.1 — 85)	滚动轴承 钢球表面缺陷及评定方法	2008 — 09 — 01	JB（十九）
99	JB/T 11086 — 2011	—	滚动轴承 摩托车用超越离合器	2011 — 11 — 01	JB（二十一）
100	JB/T 11087 — 2011	—	滚动轴承 钨系高温轴承钢零件 热处理技术条件	2011 — 11 — 01	JB（二十一）
101	JB/T 11251 — 2011	—	滚动轴承 冲压外圈滚针离合器	2012 — 04 — 01	JB（二十二）
102	JB/T 11252 — 2011	—	滚动轴承 圆柱滚子离合器和球轴承组件	2012 — 04 — 01	JB（二十二）

三、全国滚动轴承标准化技术委员会技术文件目录

序号	文件编号	替代的原作废标准	文件名称	备注
1	CSBTS TC98.11—1997	—	直线运动滚动支承 循环式滚针、滚子导轨支承零件 技术要求	CSBTS(一)
2	CSBTS TC98.12—1997	—	杆端关节轴承零件 技术条件	CSBTS(一)
3	CSBTS TC98.13—1997	—	机器人用薄壁密封轴承零件技术要求	CSBTS(一)
4	CSBTS TC98.14—1997	—	水泵轴连轴承 零件技术要求	CSBTS(一)
5	CSBTS TC98.15—1997	ZQ 34—85	轧机压下机构用满装圆锥滚子推力轴承零件 技术条件	CSBTS(一)
6	CSBTS TC98.16—1997	ZQ 36—58	行星摆线减速机转臂轴承零件 技术条件	CSBTS(一)
7	CSBTS TC98.17—1997	ZQ 24.1—84	滚动轴承零件 特大型深沟球和角接触球轴承套圈公差	CSBTS(一)
8	CSBTS TC98.18—1997	ZQ 24.2—84 ZQ 24.4—84	滚动轴承零件 特大型圆柱滚子轴承套圈和挡圈公差	CSBTS(一)
9	CSBTS TC98.19—1997	ZQ 24.3—84	滚动轴承零件 特大型调心滚子轴承套圈和中挡圈公差	CSBTS(一)
10	CSBTS TC98.20—1997	ZQ 24.5—84	滚动轴承零件 特大型圆锥滚子轴承套圈公差	CSBTS(一)
11	CSBTS TC98.21—1997	ZQ 24.6—84	滚动轴承零件 特大型推力球和推力角接触球轴承垫圈公差	CSBTS(一)
12	CSBTS TC98.22—1997	ZQ 24.7—84	滚动轴承零件 特大型推力滚子轴承垫圈公差	CSBTS(一)

（续）

序号	文件编号	替代的原作废标准	文件名称	备注
13	CSBTS TC98.23—1997	ZQ 24.8—84	滚动轴承零件 有支柱孔的滚子技术条件	CSBTS（一）
14	CSBTS TC98.24—1997	—	特大型滚动轴承零件 热处理技术条件	CSBTS（一）
15	CSBTS TC98.25—1997	—	滚动轴承 套圈锻件技术条件	CSBTS（一）
16	CSBTS TC98.26—1997	—	变速传动轴承 零件技术条件	CSBTS（一）
17	CSBTS TC98.27—1997	ZQ 51—86	滚动轴承 套圈公差的测量方法	CSBTS（一）
18	CSBTS TC98.28—1997	ZQ 62—86	滚动轴承零件 形位公差的标注方法	CSBTS（一）
19	CSBTS TC98.29—1997	ZQ 73.01—86	滚动轴承零件 滚针和推力球组合轴承套圈公差	CSBTS（一）
20	CSBTS TC98.30—1997	ZQ 73.02—86	滚动轴承零件 滚针和推力圆柱滚子组合轴承 套圈公差	CSBTS（一）
21	CSBTS TC98.31—1997	ZQ 73.03—86	滚动轴承零件 滚针和角接触球组合轴承套圈公差	CSBTS（一）
22	CSBTS TC98.32—1997	JB/CQ/T 125—91（汽 56—58）	滚动轴承零件 推力球轴承 垫圈公差	CSBTS（一）
23	CSBTS TC98.33—1997	JB/CQ/T 126—91（JB 3121—82）	滚动轴承零件 双列角接触球轴承 套圈公差	CSBTS（一）
24	CSBTS TC98.34—1997	JB/CQ/T 127—91	滚动轴承零件 调心滚子轴承套圈圆度公差	CSBTS（一）
25	CSBTS TC98.35—1997	JB/CQ 19—90（ZQ 19—84）	滚动轴承零件 调心滚子轴承套圈和中挡圈公差	CSBTS（一）

（续）

序号	文件编号	替代的原作废标准	文件名称	备注
26	CSBTS TC98.36—1997	JB/CQ 96—87（试行）	滚动轴承零件 圆柱滚子轴承套圈滚道圆度公差	CSBTS（一）
27	CSBTS TC98.37—1997	ZQ 35—84	滚动轴承 行星摆线减速机转臂轴承技术条件	CSBTS（一）
28	CSBTS TC98.38—1997	ZQ 46—85	滚动轴承 检测数据修约判定方法	CSBTS（一）
29	CSBTS TC98.39—1997	ZQ 53—86	滚动轴承 清洗防锈规程	CSBTS（一）
30	CSBTS TC98.43—1997	JB/CQ 84—87	滚动轴承 连续抽样检验方法	CSBTS（一）
31	CSBTS TC98.44—1997	JB/CQ 103—88	滚动轴承用钙塑瓦楞箱技术条件	CSBTS（一）
32	CSBTS TC98.45—1997	JB/CQ 110—89	密封深沟球轴承寿命试验规程	CSBTS（一）
33	CSBTS TC98.46—1997	JB/CQ 119—89	滚动轴承 输送链用圆柱滚子滚轮轴承零件技术要求	CSBTS（一）
34	CSBTS TC98.47—1997	JB/CQ 107—88	滚动轴承 产品图样格式	—
35	CSBTS TC98.48—1997	JB/CQ/T 10—89	滚动轴承 圆锥滚子轴承 英制系列 公差	CSBTS（一）
36	CSBTS TC98.50—1997	JB/CQ 83—87	滚动轴承 检测程序	CSBTS（一）
37	CSBTS TC98.52—1999	JB/T 50011—94（ZQ 4—85）	滚动轴承零件 套圈表面粗糙度技术条件	CSBTS（二、三）
38	CSBTS TC98.53—1999	JB/T 50012—94（ZQ 39—85）	滚动轴承零件 三点和四点接触球轴承套圈公差	CSBTS（二、三）
39	CSBTS TC98.54—1999	JB/T 53403—94（JB/CQ/T 128—91）	滚动轴承零件 套圈和滚子外观质量要求	CSBTS（二、三）

（续）

序号	文件编号	替代的原作废标准	文件名称	备注
40	CSBTS TC98.55—1999	ZQ 77—86（试行）（汽 52—58）	滚动轴承零件 金属实体保持架 技术条件	CSBTS（二、三）
41	CSBTS TC98.56—1999	JB/T 53407—94 [JB/CQ 16—91（ZQ 16—84）]	滚动轴承零件 深沟和角接触球轴承 套圈公差	CSBTS（二、三）
42	CSBTS TC98.57—1999	JB/T 53408—94 [JB/CQ 21—90（ZQ 21—84）]	滚动轴承零件 圆锥滚子轴承 套圈公差	CSBTS（二、三）
43	CSBTS TC98.58—1999	JB/T 53410—94（JB/CQ 95—87）	深沟和角接触球轴承 套圈沟形公差	CSBTS（二、三）
44	CSBTS TC98.59—1999	JB/T 53411—94（JB/CQ 101—87）	滚动轴承零件 万向节滚针轴承 零件技术条件	CSBTS（二、三）
45	CSBTS TC98.60—1999	JB/T 53412—94 [JB/CQ 109—88（试行）]	碳钢轴承 深沟球轴承 补充技术条件	CSBTS（二、三）
46	CSBTS TC98.61—1999	JB/T 53413—94（JB/CQ 114—89）	外球面球轴承及其零件 补充技术条件	CSBTS（二、三）
47	CSBTS TC98.62—1999	JB/T 53414—94（JB/CQ 123—90）	滚动轴承 钢球加工留量及公差	CSBTS（二、三）
48	CSBTS TC98.63—1999	JB/T 53416—94（ZQ 28—84）	滚动轴承 钢球表面粗糙度 技术条件	CSBTS（二、三）
49	CSBTS TC98.64—1999	JB/T 53417—94（ZQ 43—85）	深沟及角接触球轴承 套圈沟道圆形偏差	CSBTS（二、三）
50	CSBTS TC98.65—1999	JB/T 53418—94（ZQ 48—86）	滚动轴承零件 轧机用四列圆柱滚子轴承套圈和挡圈公差	CSBTS（二、三）
51	CSBTS TC98.66—1999	JB/T 53419—94（ZQ 49—86）	滚动轴承零件 双列和四列圆锥滚子轴承套圈和隔圈公差	CSBTS（二、三）
52	CSBTS TC98.67—1999	JB/T 53421—94 [ZQ 72—86（JB 1651—75）]	滚动轴承零件 外球面球轴承 套圈公差	CSBTS（二、三）

（续）

序号	文件编号	替代的原作废标准	文件名称	备注
53	CSBTS TC98.68 — 1999	JB/T 53422 — 94 (ZQ 74 — 86)	向心关节轴承零件 技术条件	CSBTS(二、三)
54	CSBTS TC98.69 — 1999	JB/T 58000 — 92 [JBn 2565 — 83 ZQ 61 — 86(部分)]	滚动轴承零件 球面滚子 技术条件	CSBTS(二、三)
55	CSBTS TC98.70 — 1999	JB/T 58002 — 92 (ZQ 17 — 84)	滚动轴承零件 调心球轴承 套圈公差	CSBTS(二、三)
56	CSBTS TC98.71 — 1999	JB/T 58003 — 92 (ZQ 22 — 84)	滚动轴承零件 推力调心滚子轴承 垫圈公差	CSBTS(二、三)
57	CSBTS TC98.72 — 1999	JB/T 58004 — 92 (ZQ 18 — 84)	滚动轴承零件 圆柱滚子轴承 套圈和挡圈公差	CSBTS(二、三)
58	CSBTS TC98.73 — 1999	JB/T 58005 — 92 (ZQ 20 — 84)	滚动轴承零件 滚针轴承 套圈公差	CSBTS(二、三)
59	CSBTS TC98.74 — 1999	JB/T 58007 — 92	调心滚子轴承 粉末冶金中挡圈 技术条件	CSBTS(二、三)
60	CSBTS TC98.75 — 1999	ZB J11 021 — 89	2 级公差向心滚动轴承配合	CSBTS(二、三)
61	CSBTS TC98.76 — 2001	JB/T 58010 — 93	精品轴承 技术条件	CSBTS(二、三)
62	CSBTS TC98.77 — 2001	JB/T 53398 — 2000 [— 94 (JB/CQ 105 — 88)]	滚动轴承 产品质量分等	CSBTS(二、三)
63	CSBTS TC98.78 — 2001	—	滚动轴承 滚子、钢球工序间残磁限值技术要求	CSBTS(二、三)
64	CSBTS TC98.79 — 2001	—	滚动轴承 高碳铬轴承钢材料残磁限值技术要求	CSBTS(二、三)
65	CSBTS TC98.81 — 2004	JB/CQ 97 — 87(试行)	滚动轴承零件 圆锥滚子轴承零件 圆度公差	SAC(四)

（续）

序号	文件编号	替代的原作废标准	文件名称	备注
66	CSBTS TC98.82—2004	ZXB 6041—1998	滚动轴承 钢球光磨液技术要求	滚动体标准汇编
67	CSBTS TC98.83—2004	ZXB 6042—1998	滚动轴承 钢球硬磨液技术要求	滚动体标准汇编
68	CSBTS TC98.84—2004	ZXB 6043—1998	滚动轴承 钢球精研液技术要求	滚动体标准汇编
69	CSBTS TC98.85—2004	ZXB 6044—1998	滚动轴承 钢球乳化型精研液技术要求	滚动体标准汇编
70	CSBTS TC98.86—2004	ZXB 6045—1999	滚动轴承 钢球光、磨、研合金铸铁盘技术条件	滚动体标准汇编
71	CSBTS TC98.87—2004	ZXB 6046—2000	滚动轴承 钢球表面强化层的测试方法	滚动体标准汇编
72	CSBTS TC98.88—2004	ZXB 6141—1998	滚动轴承 钢球寿命及可靠性试验规程	滚动体标准汇编
73	CSBTS TC98.89—2004	—	滚动轴承 热轧、热锻高碳铬轴承钢球坯质量检验技术要求	滚动体标准汇编
74	CSBTS TC98.90—2006	—	滚动轴承 钢球振动（速度）技术条件	SAC（四）
75	SAC TC98.91—2006	—	滚动轴承 优质和高级优质真空精炼 GCr15 圆钢	SAC（四）
76	SAC TC98.92—2009	—	滚动轴承 噪声及测量方法	CSBTS（二、三）
77	SAC TC98.93—2010	—	滚动轴承 带防尘盖深沟球轴承技术条件	CSBTS（二、三）

注：ZXB 为中国轴承协会标准代号；SAC TC98 与 CSBTS TC98 同为全国滚动轴承标准化技术委员会技术文件代号。

四、轴承工业国际标准及我国采标情况一览表

序号	ISO 新标准号	ISO 旧标准号	ISO 标准名称	相应我国标准号	采标程度	备注
1	ISO 15:2011	ISO 15:1998 [－1981, (ISO/R15/ Ⅰ－1968, ISO/R15/ Ⅱ－1970)]	滚动轴承－向心轴承－外形尺寸总方案	GB/T 273.3－1999	等效	ISO 15:1998
2	ISO 76:2006 (R2009)	ISO 76:1987 ISO 76:1987/Amd.1:1999 (ISO 76－1978, ISO/R 76－1958)	滚动轴承－额定静载荷	已上报待批	等同	
3	ISO 104:2002 (R2007)	ISO 104:1994 (ISO 104－1979, ISO/R 104－1966)	滚动轴承－推力轴承－外形尺寸总方案	GB/T 273.2－2006	等同	
4	ISO 113:2010	ISO 113:1999 [-1994, (ISO 113/ Ⅱ－1979, ISO/R 113－1969 的第 2 章)]	滚动轴承－立式轴承座－外形尺寸	GB/T 7813－2008	非等效	ISO 113:1999
5	ISO 199:2005 (R2009)	ISO 199－1979 (ISO/R 199－1961, ISO/R 199/ Ⅱ－1968)	滚动轴承－推力轴承－公差	已上报待批	等同	
6	ISO 246:2007 (R2010)	ISO 246:1995 (ISO 246－1978 ISO/R 246－1962)	滚动轴承－圆柱滚子轴承，可分离斜挡圈－外形尺寸	GB/T 20060－2011	等同	
7	ISO 281:2007 (R2010)	ISO 281:1990 (ISO 281/ Ⅰ:1977 ISO/R 281－1962) ISO 281:1990 /Amd.1:2000 ISO 281:1990 /Amd.2:2000 ISO/TS 16799:1999	滚动轴承－额定动载荷和额定寿命	GB/T 6391－2010	等同	

（续）

序号	ISO 新标准号	ISO 旧标准号	ISO 标准名称	相应我国标准号	采标程度	备注
8	ISO 355:2007（R2010）	ISO 355:1977 [(ISO/R355/ Ⅰ－1963, ISO/R355/ Ⅰ－1963 /Add.1－1973, ISO/R355/ Ⅱ－1965, ISO/R355/ Ⅲ－1967, ISO/R355/ Ⅳ－1968, ISO/R355/ Ⅴ－1969, ISO/R355/ Ⅴ－1969 /Add.1－1973, ISO/R355/ Ⅵ－1970, ISO/R355/ Ⅶ－1970, ISO/R355/ Ⅷ－1973) ISO 355:1977/Add.1 :1980 ISO 355:1977/Add.2 :1980 (ISO 2316－1973)]	滚动轴承－圆锥滚子轴承－外形尺寸和系列代号	GB/T 273.1－2011	等同	
9	ISO 464:1995（R2005）	ISO 464:1976 (ISO/R 464－1965, ISO 2265－1972)	滚动轴承－带定位止动环的向心轴承－尺寸和公差	GB/T 305－1998	等效	
10	ISO 492:2002（R2007）	ISO 492:1994 ISO 492－1986 ISO 492－1981 (ISO/R 492－1966, ISO/R 577/ Ⅰ－1967, ISO/R 577/ Ⅱ－1968, ISO/R 577/ Ⅲ－1973, ISO/R 1648－1971, ISO 2349－1973 部分)	滚动轴承－向心轴承－公差	GB/T 307.1－2005	修改	
11	ISO 582:1995（R2011）	ISO 582－1979 ISO 582－1972 ISO/R 582－1967	滚动轴承－倒角尺寸－最大值	GB/T 274－2000	等同	
12	ISO 1132－1:2000（R2010）	ISO 1132－1980 (ISO/R 1132－1969, ISO/R 200－1961)	滚动轴承－公差－第 1 部分：术语和定义	GB/T 4199－2003	修改	
13	ISO 1132－2:2001（R2011）	ISO/TR 9274:1991	滚动轴承－公差－第 2 部分：测量和检验的原则及方法	GB/T 307.2－2005	修改	

（续）

序号	ISO 新标准号	ISO 旧标准号	ISO 标准名称	相应我国标准号	采标程度	备注
14	ISO 1206:2001（R2007）	ISO 1206 — 1982 [ISO 1206 — 1976 (ISO 3097 — 1974, ISO/R 1206 — 1971)]	滚动轴承 — 48、49 和 69 尺寸系列滚针轴承 — 外形尺寸和公差	GB/T 5801 — 2006	修改	
15	ISO 1224 — 1:2007（R2010）	ISO 1224:1984（部分）(ISO/R 1224 — 1971)	滚动轴承 — 仪器精密轴承 — 第 1 部分：公制系列轴承的外形尺寸、公差和特性	已上报待批	等同	
16	ISO 1224 — 2:2007（R2010）	ISO 1224:1984（部分）(ISO/R 1224 — 1971)	滚动轴承 — 仪器精密轴承 — 第 2 部分：英制系列轴承的外形尺寸、公差和特性	已上报待批	等同	
17	ISO 2982 — 1:1995（R2005）	ISO 113/ Ⅰ — 1979 ISO 113 — 1969 的第 1 章	滚动轴承 — 附件 — 第 1 部分：锥形衬套 — 尺寸	GB/T 9160.1 — 2006	非等效	
18	ISO 2982 — 2:2001（R2006）	ISO 2982-2:1995 (ISO 2982 — 1972)	滚动轴承 — 附件 — 第 2 部分：锁紧螺母和锁紧装置 — 尺寸	GB/T 9160.2 — 2006	非等效	
19	ISO 3030:2011	ISO 3030:1996 (— 1974)	滚动轴承 — 向心滚针和保持架组件 — 外形尺寸和公差	GB/T 20056 — 2006	修改	ISO 3030:1996
20	ISO 3031:2000（R2011）	ISO 3031 — 1979 (— 1974)	滚动轴承 — 推力滚针和保持架组件及推力垫圈 — 尺寸和公差	GB/T 4605 — 2003	非等效	
21	ISO 3096:1996（R2001）	ISO 3096 — 1974	滚动轴承 — 滚针 — 尺寸和公差	GB/T 309 — 2000	非等效	
22	ISO 3096:1996/Cor.1:1999	—	—			
23	ISO 3228:1993	ISO 3228 — 1977 ISO 3228 — 1974	滚动轴承 — 外球面轴承铸造座和冲压座	GB/T 7809 — 1995	等效	

（续）

序号	ISO 新标准号	ISO 旧标准号	ISO 标准名称	相应我国标准号	采标程度	备注
24	ISO 3245:2007	ISO 3245:1997 (ISO 3245 — 1974)	滚动轴承—无内圈、冲压外圈滚针轴承—外形尺寸和公差	GB/T 12764—2009	等同	
25	ISO 3290—1:2008	ISO 3290:2001 [ISO 3290:1998 (ISO 3290:1975)]	滚动轴承—球—第1部分：钢球	GB/T 308—2002	非等效	ISO 3290:1998
26	ISO 3290—1:2008/Cor.1:2009	—	—	—	—	
27	ISO 3290—2:2008	—	滚动轴承—球—第2部分：陶瓷球	GB/T 308.2—2010	等同	
28	ISO 5593:1997（R2002）	ISO 5593 — 1984	滚动轴承—词汇	GB/T 6930—2002	等同	
29	ISO 5593:1997/Amd.1:2007	—	滚动轴承—词汇—修正案1	—	—	
30	ISO 5753—1:2009	ISO 5753:1991 [ISO 5753-1981 (ISO/R 201-1961, ISO/R 465-1965, ISO/R 1038-1969, ISO/R 1646-1970)]	滚动轴承—游隙—第1部分：向心轴承的径向游隙	已上报待批	等同	
31	ISO 5753—2:2010	—	滚动轴承—游隙—第2部分：四点接触球轴承的轴向游隙	—	—	
32	ISO 6811:1998（R2009）	ISO 6811 — 1983	关节轴承—词汇	GB/T 3944—2002	等同	
33	ISO 6811:1998/Cor.1:1999	—	—			
34	ISO 7063:2003（R2009）	ISO 7063 — 1982 ISO 6278 — 1980	滚动轴承—滚轮滚针轴承—外形尺寸和公差	GB/T 6445—2007	修改	

（续）

序号	ISO 新标准号	ISO 旧标准号	ISO 标准名称	相应我国标准号	采标程度	备注
35	ISO 8443:2010	ISO 8443:1999 ISO 8443 — 1985	滚动轴承—凸缘外圈向心球轴承—凸缘尺寸	GB/T 7217 — 2002	等同	ISO 8443:1999
36	ISO 9628:2006（R2009）	ISO 9628:1992 (ISO 2264 — 1972 ISO 3145 — 1974)	滚动轴承—外球面轴承和偏心套—外形尺寸和公差	GB/T 3882 — 1995	非等效	ISO 9628:1992
37	ISO 9628:2006/Amd.1:2011	—	直径系列 3	—	—	
38	ISO 10285:2007（R2011）	ISO 10285:1992	滚动轴承—套筒型直线球轴承—外形尺寸和公差	已上报待批	等同	
39	ISO 10317:2008	ISO 10317:1992	滚动轴承—圆锥滚子轴承—代号系统	—	—	
40	ISO 12043:2007（R2011）	ISO 12043:1995	滚动轴承—单列圆柱滚子轴承—平挡圈和套圈无挡边端倒角尺寸	已上报待批	等同	
41	ISO 12044:1995（R2005）	—	滚动轴承—单列角接触球轴承—外圈非推力端倒角尺寸	GB/T 20058 — 2006	等同	
42	ISO 12090 — 1:2011	—	滚动轴承—成形滚动导轨支承—第 1 部分：1、2、3 系列外形尺寸和公差	—	—	
43	ISO 12090 — 2:2011	—	滚动轴承—成形滚动导轨支承—第 1 部分：4、5 系列外形尺寸和公差	—	—	

（续）

序号	ISO 新标准号	ISO 旧标准号	ISO 标准名称	相应我国标准号	采标程度	备注
44	ISO 12240－1:1998（R2009）	[ISO 6124－1:1987（ISO 6124/1－1982，ISO 6124－1979），ISO 6124/2－1982，ISO 6124/3－1982，ISO 6125－1982，（ISO 6125－1979）]	关节轴承－第1部分：向心关节轴承	GB/T 9163－2001	等效	
45	ISO 12240－2:1998（R2009）	—	关节轴承－第2部分：角接触关节轴承	GB/T 9164－2001	等效	
46	ISO 12240－3:1998（R2009）	—	关节轴承－第3部分：推力关节轴承	GB/T 9162－2001	等效	
47	ISO 12240－4:1998（R2009）	ISO 6126－987（－1982）	关节轴承－第4部分：杆端关节轴承	GB/T 9161－2001	等效	
48	ISO 12240－4:1998/Cor.1:1999	—	—			
49	ISO 13012－1:2009	ISO 13012:1998	滚动轴承－套筒型直线球轴承附件－第1部分：1、3系列外形尺寸和公差	GB/T 19673－2005	等同	ISO 13012:1998及其/Cor.1:1999
50	ISO 13012－2:2009	ISO 13012:1998	滚动轴承－套筒型直线球轴承附件－第2部分：5系列外形尺寸和公差	—	—	
51	ISO 14728－1:2004（R2007）	—	滚动轴承－直线运动滚动支承－第1部分：额定动载荷和额定寿命	GB/T 21559.1－2008	等同	

（续）

序号	ISO 新标准号	ISO 旧标准号	ISO 标准名称	相应我国标准号	采标程度	备注
52	ISO 14728－2:2004（R2007）	—	滚动轴承－直线运动滚动支承－第 2 部分：额定静载荷	GB/T 21559.2－2008	等同	
53	ISO 15241:2001（R2011）	—	滚动轴承－参数符号	GB/T 7811－2007	等同	
54	ISO 15242－1:2004（R2007）	—	滚动轴承－振动测量方法－第 1 部分：基础	GB/T 24610.1－2009	等同	
55	ISO 15242－2:2004（R2007）	—	滚动轴承－振动测量方法－第 2 部分：具有圆柱孔和圆柱外表面的向心球轴承	GB/T 24610.2－2009	等同	
56	ISO 15242－2:2004/Cor.1:2010	—	—	—	—	
57	ISO 15242－3:2006	—	滚动轴承－振动测量方法－第 3 部分：具有圆柱孔和圆柱外表面的调心滚子轴承和圆锥滚子轴承	GB/T 24610.3－2009	等同	
58	ISO 15242－3:2006/Cor.1:2010	—	—	—	—	
59	ISO 15242－4:2007（R2011）	—	滚动轴承－振动测量方法－第 4 部分：具有圆柱孔和圆柱外表面的圆柱滚子轴承	GB/T 24610.4－2009	等同	
60	ISO 15243:2004	—	滚动轴承－损伤和失效－术语、特征及原因	GB/T 24611－2009	等同	

（续）

序号	ISO 新标准号	ISO 旧标准号	ISO 标准名称	相应我国标准号	采标程度	备注
61	ISO 15312:2003（R2009）	—	滚动轴承－额定热转速－计算方法和系数	GB/T 24609－2009	等同	
62	ISO 20515:2007	—	滚动轴承－向心轴承，定位槽－尺寸和公差	GB/T 27556－2011	等同	
63	ISO 20516:2007（R2011）	—	滚动轴承－调心推力球轴承和调心座垫圈－外形尺寸	已上报待批	等同	
64	ISO 21107:2004（R2007）	—	滚动轴承和关节轴承－电子媒体用查询结构－用特性词汇标志的特征和性能标准	—	—	
65	ISO 24393:2008（R2011）	—	滚动轴承－直线运动滚动支承－词汇	—	—	
ISO/TC4 技术报告和技术规范						
1	ISO/TR 1281－1:2008	ISO/TR 8646:1985	滚动轴承－对 ISO 281 的注释－第 1 部分：基本额定动载荷和基本额定寿命	—	—	
2	ISO/TR 1281－1:2008/Cor.1:2009	—	—	—	—	
3	ISO/TR 1281－2:2008	—	滚动轴承－对 ISO 281 的注释－第 2 部分：修正额定寿命，基于疲劳应力的系统方法	—	—	

（续）

序号	ISO 新标准号	ISO 旧标准号	ISO 标准名称	相应我国标准号	采标程度	备注
4	ISO/TR 1281－2:2008/Cor.1:2009	—	—	—	—	
5	ISO/TR 10657:1991（R2005）	—	对 ISO 76 的注释	—	—	
6	ISO/TS 16281:2008	—	滚动轴承－常规载荷条件下轴承修正参考额定寿命计算方法	—	—	
7	ISO/TS 16281:2008/Cor.1:2009	—	—	—	—	
8	ISO/TS 23768－1:2011	—	滚动轴承－零件库－第 1 部分：滚动轴承参考词典	—	—	

注：“备注”栏内是目前我国现行标准采用的国际标准的版本，采标程度也是与这些版本对应的。

《中国战略性新兴产业研究与发展》一期书目

《中国战略性新兴产业研究与发展·风能》

《中国战略性新兴产业研究与发展·生物质能》

《中国战略性新兴产业研究与发展·太阳能》

《中国战略性新兴产业研究与发展·新能源汽车》

《中国战略性新兴产业研究与发展·工程机械》

《中国战略性新兴产业研究与发展·农业机械》

《中国战略性新兴产业研究与发展·数控机床》

《中国战略性新兴产业研究与发展·轨道交通》

《中国战略性新兴产业研究与发展·轴承》

《中国战略性新兴产业研究与发展·齿轮》

《中国战略性新兴产业研究与发展·智能电网》

《中国战略性新兴产业研究与发展·水电设备》

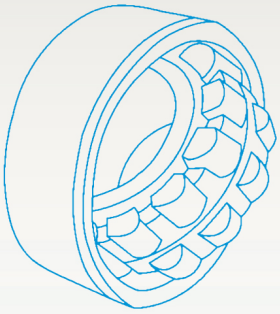
总 策 划　王文斌

封面设计　敬人书籍设计工作室
吕敬人+德浩

易览网
mepfair.com
中国机电产品网上展览馆

中国战略性新兴产业研究与发展

轴 承



地址：北京百万庄大街22号 邮编：100037
电话 社服务中心：（010）88361066 销售一部：（010）68326294 销售二部：（010）88379649 读者热线：（010）68326643
网络 易览网：http://www.mepfair.com 机工官网：http://www.cmpbook.com 机工官博：http://weibo.com/cmp1952

ISBN 978-7-111-40091-2
ISBN 978-7-111-40091-2
定 价：158.00元